

# ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Издается с 1926 г.  
(№ 975)

3.2024



Томский государственный университет и памятник его основателям  
профессорам В. М. Флоринскому и Д. И. Менделееву



# Содержание

<b>Экономика и управление производством</b>	
<i>Международный обзор рынка цветных металлов</i> .....	4
<b>Тяжелые цветные металлы</b>	
<i>Кольская ГМК: по пути устойчивого развития</i>	
Анисимов П. М., Бикетова Л. В., Лисаков Ю. Н., Чупрынин Н. П. Крупнозернистые карбонильные никелевые порошки: вопросы технологии и оборудования .....	8
<b>Радиоактивные элементы</b>	
Жариков В. М., Евстифеева Н. А., Герасимова А. А., Бузаев М. Ф. Перспективы использования лазерных технологий для работы с радиоактивными материалами .....	15
<b>Композиционные материалы и многофункциональные покрытия</b>	
Лопухова Е. В., Смирнов К. Н., Мазурова Д. В., Ваграмян Т. А. Разработка процесса иммерсионного золочения для финишной обработки в производстве печатных плат .....	21
Дударева Н. Ю., Коломейченко А. В., Деев В. Б. Коррозионная стойкость керамических покрытий, формируемых микродуговым оксидированием на алюминиевом сплаве АК4-1 .....	26
Финкельштейн А. Б., Пелленен А. П., Хошинов В. А., Мяо Цзинтао. Прокатка композита, полученного продувкой кислородом расплава AlSi7Fe .....	34
<b>Материаловедение</b>	
<i>К 150-летию Томского государственного университета</i>	
Кахидзе Н. И., Мирошкина В. Д., Хрусталёв А. П., Ворожцов А. Б. Оптимизация процесса получения эрбийсодержащих алюминиевых сплавов. Исследование структуры и прочностных свойств сплава АК9-ErF3 .....	41
***	
Курынцев С. В., Шиганов И. Н. Особенности кристаллизации сварочной ванны при лазерной сварке меди со сталью .....	52
Цыденов К. А., Белов Н. А., Щербакова О. О., Муравьева Т. И. Совместное влияние Fe, Si, Mg и Zn на структуру и механические свойства листового проката сплава Al – 2 % Cu – 1,5 % Mn .....	57
Гильманшина Т. Р., Ковалева А. А., Чуруксаев И. А., Перфильева Н. С. Исследование причин выхода из строя стальных изложниц для литья золота .....	65
<b>Металлообработка</b>	
Летягин Н. В., Акопян Т. К., Завитков А. В., Люхтер А. Б. Влияние лазерной сварки на структуру и механические свойства деформированного сплава Al – 3 Ca – 0,5 Cu – 0,5 Mn .....	70
Максаров В. В., Ефимова М. В., Филипенко И. А. Выбор параметров процесса магнитно-абразивного полирования для обработки кромок корпусных деталей летательных аппаратов из алюминиевых сплавов .....	78
<b>Хроника</b>	
<i>Из истории металлургии</i>	
Детков П. Г., Дробот Д. В. История открытия редкоземельных элементов. Скандий .....	85
***	
Пиирайнен В. Ю. Что останется после нас (память длиннее жизни) .....	91
***	
Требования к оформлению статей .....	40
<i>Журнал «Цветные металлы» по решению ВАК Министерства науки и высшего образования РФ включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» по следующим научным специальностям:</i>	
2.5.8. Сварка, родственные процессы и технологии (технические науки)	
2.6.1. Материаловедение и термическая обработка металлов и сплавов (технические науки)	
2.6.2. Металлургия черных, цветных и редких металлов (технические науки)	
2.6.3. Литейное производство (технические науки)	
2.6.4. Обработка металлов давлением (технические науки)	
2.6.5. Порошковая металлургия и композиционные материалы (технические науки)	
2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы (технические науки)	
2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов (технические науки)	
2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий (технические науки)	
2.6.17. Материаловедение (технические науки)	
2.8.9. Обогащение полезных ископаемых (технические науки)	

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, S. P. Korolev Rocket and Corporation Energia, 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).

Information coordinator of the topics on technological provision of mineral processing of raw materials – JSC “Design & Survey and Research & Development Institute of Industrial Technology” (“Rosatom” State Corporation)

### Editorial Board:

Acting Chief Editor: **Vladimir Bazhin**; 1<sup>st</sup> Deputy Chief Editor: **Vaycheslav Brichkin**; **Vladislav Deev**; Deputy Chief Editor: **Alexander Vorobei**; Executive Editor: **Nataliya Sharkina**; Editor: **Tatiana Jukova**; Editor: **Elena Rakhmanova**;  
Junior Editor: **Vera Smiltina**.

© Designed by: “Ore and Metals” Publishing House,  
journal “Tsvetnye Metally”, 2024  
**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

### HEAVY NON-FERROUS METALS

**Anisimov P. M., Biketova L. V., Lisakov Yu. N., Chuprynin N. P.** Coarse-grained carbonyl nickel powders: issues of technology and equipment ..... 8

### RADIOACTIVE ELEMENTS

**Zharikov V. M., Ėvstifeeva N. A., Gerasimova A. A., Buzaev M. F.** Prospects of using laser technologies to work with radioactive materials ..... 15

### COMPOSITES AND MULTIPURPOSE COATINGS

**Lopukhova E. V., Smirnov K. N., Mazurova D. V., Vagramyan T. A.** Developing an immersion gold process for surface finishing of printed circuit boards ..... 21

**Dudareva N. Yu., Kolomeichenko A. V., Deev V. B.** Corrosion resistance of ceramic coatings formed by microarc oxidation on aluminium alloy AK4-1 ..... 26

**Finkelstein A. B., Pellenen A. P., Khotinov V. A., Miao Jingtao.** Hot rolling of the composite manufactured by oxygen lancing of AlSi7Fe melt ..... 34

### MATERIALS SCIENCE

**Kakhidze N. I., Miroshkina V. D., Khrustalev A. P., Vorozhtsov A. B.** Optimization of an erbium-containing aluminum alloy production process. Study on the structure and strength properties of AK9-ErF3 alloy ..... 41

**Kuryntsev S. V., Shiganov I. N.** Features of a weld pool crystallization during laser welding of copper and steel ..... 52

**Tsydenov K. A., Belov N. A., Shcherbakova O. O., Muraveva T. I.** Joint effect of Fe, Si, Mg and Zn on the structure and mechanical properties of rolled sheets from alloy Al – 2 % Cu – 1.5 % Mn ..... 57

**Gilmanshina T. R., Kovalevā A. A., Churuksaev I. A., Perfileva N. S.** Study on reasons for failures of steel molds for casting gold ..... 65

### METAL PROCESSING

**Letyagin N. V., Akopyan T. K., Zavitkov A. V., Lyukhter A. B.** Effect of laser welding on the structure and mechanical properties of hot-rolled Al – 3 Ca – 0.5 Cu – 0.5 Mn alloy ..... 70

**Maksarov V. V., Efimova M. V., Filipenko I. A.** Choosing parameters of a magnetic abrasive polishing for machining of edges of aircraft body parts from aluminum alloys ..... 78

### CHRONICLE

**Detkov P. G., Drobot D. V.** The history of rare earth elements discovery. Scandium ..... 85