

# МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

## И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

№ 6 (828). июнь. 2024

ОСНОВАН В ИЮЛЕ 1955 г.  
ВЫХОДИТ 12 РАЗ В ГОД

Главный редактор: С. Ю. Кондратьев  
Зав. редакцией: Н. В. Хабарова

Editor-in-Chief: S. Yu. Kondrat'ev  
Staff Editor: N. V. Khabarova

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

С. К. Гордеев, В. И. Горынин, В. В. Захаров,  
В. Н. Зикеев, Yin Fuxing, L. Kaczmarek,  
С. Ю. Кондратьев, В. С. Крапошин, Л. И. Куksenova,  
М. Л. Лобанов, К. В. Макаренко, А. А. Попов,  
Ю. Н. Симонов, Ю. А. Соколов,  
A. S. Chaus

### EDITORIAL BOARD

S. K. Gordeev, V. I. Gorynin, V. V. Zakharov,  
V. N. Zikeev, Yin Fuxing, L. Kaczmarek,  
S. Yu. Kondrat'ev, V. S. Kraposhin, L. I. Kuksenova,  
M. L. Lobanov, K. V. Makarenko, A. A. Popov,  
Yu. N. Simonov, Yu. A. Sokolov,  
A. S. Chaus

### УЧРЕДИТЕЛИ: Издательский дом «Фолиум», редакция

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-82955 от 14.03.2022 г.

Полная переводная версия журнала «Metal Science and Heat Treatment» (издательство Springer) включена в международные системы цитирования: Cambridge Scientific Abstracts, Chemical Abstracts Service (CAS), ChemWeb, Current Contents/Engineering, Computing and Technology, Inspec, Mathematical Science Citation Index, Science Citation Index, Science Citation Index Expanded (Sci-Search), SCOPUS. Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней.

### FOUNDERS: Folium Publishing Company, Editorial Office

**SUBSCRIPTION INDEX**  
27847 («Pressa Rossii»)

### ADDRESS

Bd. 6, 157, Dmitrovskoe sh., Moscow, 127411, Russia  
Folium Publishing Company, MiTOM  
Tel./Fax: +7 499 258 08 28; 8 916 062 37 72  
E-mail: mitom@folium.ru <http://www.mitom.folium.ru>

### ПОДПИСНОЙ ИНДЕКС

27847 («Пресса России»)

### АДРЕС РЕДАКЦИИ

Россия, 127411, Москва, Дмитровское ш., 157, стр. 6  
Издательский дом «Фолиум», МиТОМ  
Тел./Факс: +7 499 258 08 28; 8 916 062 37 72  
E-mail: mitom@folium.ru <http://www.mitom.folium.ru>

### PUBLISHER ADDRESS

Bd. 6, 157, Dmitrovskoe sh., Moscow, 127411, Russia  
Folium Publishing Company  
Tel./Fax: (499) 258 08 28  
E-mail: info@folium.ru  
<http://www.folium.ru>

### АДРЕС ИЗДАТЕЛЯ

Россия, 127411, Москва, Дмитровское ш., 157, стр. 6  
Издательский дом «Фолиум»  
Тел./Факс: +7 499 258 08 28  
E-mail: info@folium.ru  
<http://www.folium.ru>



### СОДЕРЖАНИЕ

#### МЕХАНИЗМЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИЯ

- Хотинов В. А., Овсянников А. Б., Кузьмина А. В., Фарбер В. М. Влияние высокотемпературного отпуска на деформационное поведение стали 38Г2Ф. . . . . 3

#### ТИТАН И ЕГО СПЛАВЫ

- Егорова Ю. Б., Давыденко Л. В., Чибисова Е. В., Челпанов А. В., Каратаева Е. С. Влияние структуры на механические свойства прутков из титанового сплава BT6. . . . . 10

#### АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

- Захаров В. В. Легирование промышленных алюминиевых сплавов скандием. . . . . 18

#### МЕДЬ И ЕЕ СПЛАВЫ

- Бодякова А. И., Мишнев Р. В., Кайбышев Р. О. Структура и свойства медных сплавов системы Cu – Cr – Zr после деформации и отжига. . . . . 24

#### АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПОРОШКОВЫЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Соколова В. В., Полозов И. А., Попович А. А. Получение медицинских титановых сплавов со сниженным модулем упругости методом селективного лазерного плавления. Обзор. . . . . 37

- Кабалдин Ю. Г., Шатагин Д. А., Чернигин М. А., Аносов М. С. Микроструктура и механические свойства слоистой заготовки из различных аустенитных сталей, выращенной методом аддитивной электродуговой наплавки. . . . . 48

#### ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ

- Куksenova Л. И., Архипов В. Е., Пугачев М. С., Козлов Д. А. Эксплуатационные свойства пар трения металл – металл с поверхностными слоями, модифицированными сплавом на основе меди. . . . . 54

#### КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И МАТЕРИАЛОВ

- Путилова Е. А., Мушников А. Н., Поволоцкая А. М., Горюлева Л. С., Крючева К. Д. Особенности изменения структуры и магнитных параметров стали мартенситного класса под действием пластического деформирования. . . . . 66

#### ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- Громов В. Е., Иванов Ю. Ф., Юрьев А. Б., Миненко С. С., Гостевская А. Н. Структура и свойства плазменной наплавки из быстрорежущей стали P2M9Ю. . . . . 74

### CONTENTS

#### MECHANISMS OF PLASTIC DEFORMATION AND FRACTURE

- Khotinov V. A., Ovsyannikov A. B., Kuzmina A. V., Farber V. M. The effect of high-temperature tempering on the deformation behavior of 38Mn2V steel. . . . . 3

#### TITANIUM AND TITANIUM-BASE ALLOYS

- Egorova Yu. B., Davydenko L. V., Chibisova E. V., Chelpanov A. V., Karataeva E. S. The effect of the structure on the mechanical properties of rods made of titanium alloy Ti6Al4V. . . . . 10

#### ALUMINUM AND ALUMINUM-BASE ALLOYS

- Zakharov V. V. Alloying of industrial aluminum alloys with scandium. . . . . 18

#### COPPER AND COPPER-BASE ALLOYS

- Bodyakova A. I., Mishnev R. V., Kaibyshev R. O. Microstructure and properties of Cu – Cr – Zr alloys after plastic deformation and aging. . . . . 24

#### ADDITIVE TECHNOLOGIES, POWDER AND COMPOSITE MATERIALS

- Sokolova V. V., Polozov I. A., Popovich A. A. Production of medical titanium alloys with a reduced modulus of elasticity by selective laser melting. Review. . . . . 37

- Kabaladin Yu. G., Shatagin D. A., Chernigin M. A., Anosov M. S. Microstructure and mechanical properties of layered billets from various grades of austenitic steels grown by additive electric arc welding. . . . . 48

#### SURFACE ENGINEERING

- Kuksenova L. I., Arkhipov V. E., Pugachev M. S., Kozlov D. A. Operational properties of metal-metal friction pairs with surface layers modified by a copper-based alloy. . . . . 54

#### GRADE CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MATERIALS

- Putilova E. A., Mushnikov A. N., Povolotskaya A. M., Goruleva L. S., Kryucheva K. D. Features of changes in the structure and magnetic parameters of martensitic steel under the action of plastic deformation. . . . . 66

#### TECHNICAL INFORMATION

- Gromov V. E., Ivanov Y. F., Yuriev A. B., Minenko S. S., Gostevskaya A. N. Structure and properties of plasma surfacing from high-speed steel S2-9-2 (W2Mo9Al). . . . . 74