

# МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

## И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

**№3(813). МАРТ. 2023**

ОСНОВАН В ИЮЛЕ 1955 г.  
ВЫХОДИТ 12 РАЗ В ГОД

Главный редактор: В. С. Крапошин  
Зам. гл. редактора: С. Ю. Кондратьев  
Зав. редакцией: Н. В. Хабарова

Editor-in-Chief: V. S. Kraposhin  
Deputy 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, V. Yu. Novikov,  
А. А. Попов, М. Ю. Семенов, Ю. Н. Симонов,  
Ю. А. Соколов, А. 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, V. Yu. Novikov,  
A. A. Popov, M. Yu. Semenov, 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

#### ТЕРМИЧЕСКАЯ И ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

- Русских И. М., Шацов А. А. Влияние термоциклической обработки на свойства низкоуглеродистой мартенситной стали 15Х2Г2НМФБ для деталей точных приборов. . . . . 3
- Фахуртдинов Р. С., Пучков Ю. А., Карпукhin С. Д., Медведев П. Н., Дегтярева А. Г. Термическая обработка коррозионно-стойкой аустенитно-ферритной стали для погружных насосов. . . . . 9

#### ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И ПОКРЫТИЯ

- Шабурова Н. А., Пашкеев И. Ю. Ускорение твердофазного хромирования стали под действием внутреннего термомиссионного поля. . . . . 17

#### КОНСТРУКЦИОННЫЕ СТАЛИ

- Матросов Ю. И. Сопоставление влияния микродобавок Nb, Ti, V на процессы формирования микроструктуры низкоуглеродистой низколегированной стали. . . . . 25
- Сорокина С. А., Воробьев Р. А., Горшунов М. Г., Чернигин М. А. Опыт использования хромомарганцевой коррозионно-стойкой стали для эксплуатации в системе горячего водоснабжения (ГВС). . . . . 32

#### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СПЛАВЫ

- Судхансу Патро, Кулдип Кумар Саксена, Аджит Бехера. Влияние температуры отжига и толщины пленки Ni/Ti, полученной магнетронным напылением, на ее микроструктуру и поведение при наноиндентировании. . . . . 40

#### АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

- Рашидов Б. Р., Абдуллаев Б. А., Рахимов Р. В. Коррозия алюминия и его сплавов, используемых для железнодожного подвижного состава. . . . . 46

#### АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПОРОШКОВЫЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Гагандип Сингх Рахеда, Чандер Пракаш, Шанкар Сегал. Получение гибридного поверхностного композита Al5086 – GRN –  $\eta$ SiC с использованием трения с перемешиванием с подачей порошка. . . . . 54

#### ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ

- Эмурлаев К. И., Ложкин В. С., Батаев И. А. Особенности структурных изменений в закаленной стали 40X в условиях фрикционного нагружения. . . . . 60

\* \* \*

- К 90-летию В. Н. Зикеева. . . . . 2 стр. обл.

### CONTENTS

#### THERMAL AND THERMOMECHANICAL TREATMENT

- Russkikh I. M., Shatsov A. A. Effect of thermocycling treatment on properties of low-carbon martensitic steel 15Kh2G2NMFB for parts of precision devices. . . . . 3
- Fakhurtdinov R. S., Puchkov Yu. A., Karpukhin S. D., Medvedev P. N., Degtyareva A. G. Heat treatment of corrosion-resistant austenitic-ferritic steel for immersion pumps. . . . . 9

#### THERMOCHEMICAL TREATMENT AND COATINGS

- Shaburova N. A., Pashkeev I. Yu. Acceleration of solid-phase chromizing of steel by intrinsic thermionic emission field. . . . . 17

#### STRUCTURAL STEELS

- Matrosov Yu. I. Comparison of the effect of microadditions of Nb, Ti, V on formation of microstructure of low-carbon low-alloy steel. . . . . 25
- Sorokina S. A., Vorob'ev R. A., Gorshunov M. G., Chernigin M. A. Use of chromium-manganese corrosion-resistant steel in district heating network applications. . . . . 32

#### FUNCTIONAL ALLOYS

- Sudhansu Patro, Kuldeep Kumar Saxena, Ajit Behera. Effect of annealing temperature and thickness of magnetron sputtered Ni/Ti film on its microstructure and nanoindentation behavior. . . . . 40

#### ALUMINUM AND ALUMINUM ALLOYS

- Rashidov B. P., Abdullaev B. A., Rakhimov R. V. Corrosion of aluminum and aluminum-based alloys for rolling stock. . . . . 46

#### ADDITIVE TECHNOLOGIES, POWDER AND COMPOSITE MATERIALS

- Gagandeep Singh Raheja, Chander Prakash, Shankar Sehgal. Fabrication of Al5086 – GRN –  $\eta$ SiC hybrid surface composite using an additive powder-fed friction stir process. . . . . 54

#### SURFACE ENGINEERING

- Emurlaev K. I., Lozhkin V. S., Bataev I. A. Special features of structural changes in quenched steel 40Kh under conditions of friction loading. . . . . 60

\* \* \*

- The 90th birthday of V. N. Zikeev. . . . . 2nd cover