

# МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

## И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

**№3 (825). МАРТ. 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

- Дегтярева С. П., Коджаспиров Г. Е., Пескишев С. А., Тихомирова Е. А. К вопросу об особенностях развития процесса термической усталости металлов и методах ее оценки . . . 3

#### КОНСТРУКЦИОННЫЕ СТАЛИ

- Ткачев Е. С., Борисов С. И., Борисова Ю. И., Кайбышев Р. О. Влияние отпуска на микроструктуру и механические свойства теплотехнической стали 10Х9К3В2МФБР, легированной Та и В. . . . . 10

#### АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

- Швецов О. В., Алфимов А. Д., Ермаков Б. С., Кондратьев С. Ю. Влияние микроструктуры на характер разрушения и усталостные свойства бурильных труб из алюминиевых сплавов 1953Т1 и Д16Т . . . . . 20

#### АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПОРОШКОВЫЕ И КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

- Илларионов А. Г., Карабаналов М. С., Шабанов М. А., Степанов С. И., Саундаппан П., Тхулаши Раман К. Х., Сувас С. Структура и свойства порошка для аддитивного синтеза сплавов на основе алюминидов титана TiAl . . . . . 27

- Коновалов М. С., Коновалов И. С., Ладьянов В. И. Легирование углеродом металлматричных композитов на основе Fe – Cr – Mn – Mo – N – C-сплавов при их получении методом СВС по варианту алюмобаротермии . . . . . 35

- Евгенов А. Г., Шуртаков С. В., Прагер С. М., Зайцев Д. В. Адаптация высокохромистого жаропрочного жаростойкого сплава ВЖ159 для технологии селективного лазерного сплавления . . . . . 43

#### СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

- Эфрон Л. И., Степанов П. П., Багмет О. А., Сметанин К. С. Анализ результатов испытаний на ударный изгиб образцов основного металла и сварного соединения труб из низкоуглеродистых трубных сталей . . . . . 51

- Адарш Кумар, Митлеш Кумар Махто, Механшу Вашиста, Мохд Захир Хан Юсуфзай. Исследование влияния пульсации тока при газовой вольфрамовой дуговой сварке сплава Ti – 6Al – 4V. . . . . 60

#### ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- Котов С. А., Кудрявцева Т. С., Наумова З. В. Сравнительный анализ состава и структуры прокатной окалины металлургических предприятий . . . . . 66

### CONTENTS

#### MECHANISMS OF PLASTIC DEFORMATION AND FRACTURE

- Degtiareva S. P., Kodzhaspirov G. E., Peskishev S. A., Tikhomi-rova E. A. On the issue of the features of the thermal fatigue process development of metals and methods of its assessment . . . . . 3

#### STEELS FOR GENERAL ENGINEERING PURPOSES

- Tkachev E. S., Borisov S. I., Borisova Yu. I., Kaibyshev R. O. The effect of tempering on the microstructure and mechanical properties of heat-resistant steel X10CoCrMoVNb 9–1 (T/P92) alloyed with Ta and B. . . . . 10

#### ALUMINUM AND ALUMINUM-BASE ALLOYS

- Shvetcov O. V., Alfimov A. D., Ermakov B. S., Kondrat'ev S. Yu. The effect of microstructure on the nature of fracture and fatigue properties of drill pipes made of aluminum alloys 1953 and 2024 . . . . . 20

#### ADDITIVE TECHNOLOGIES, POWDER AND COMPOSITE MATERIALS

- Illarionov A. G., Karabanalov M. S., Shabanov M. A., Stepanov S. I., Soundappan P., Thulasi Raman K. H., Suwas S. Structure and properties of powder for additive synthesis of alloys based on titanium aluminide TiAl . . . . . 27

- Konovalev M. S., Konovalev I. S., Lad'yanov V. I. Carbon alloying of metal matrix composites based on Fe – Cr – Mn – Mo – N – C alloys during their obtaining by the SHS method according to the variant of aluminobarothermy . . . . . 35

- Evgenov A. G., Shurtakov S. V., Prager S. M., Zaitsev D. V. Adaptation of high-chromium heat-resistant heat-resisting alloy VG159 (Haynes 282) for selective laser melting technology . . . . . 43

#### WELDED JOINTS

- Efron L. I., Stepanov P. P., Bagmet O. A., Smetanin K. S. Analysis of the results of impact bending tests of base metal samples and welded joints of pipes made of low carbon pipe steels . . . . . 51

- Adarsh Kumar, Mithlesh Kumar Mahto, Meghanshu Vashista, Mohd Zaheer Khan Yusufzai. Study on the effect of current pulsing during gas tungsten arc welding of Ti – 6Al – 4V alloy . . . 60

#### TECHNICAL INFORMATION

- Kotov S. A., Kudryavtseva T. S., Naumova Z. V. Comparative analysis of the chemical and phase composition of rolled scale of metallurgical enterprises . . . . . 66