

# ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ТЕХНОЛОГИЯ ОБОРУДОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТЫ

ISSN 1994-6309 (Print)

ISSN 2541-819X (Online)

Том 25 № 4 2023 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель совета

**Пустовой Николай Васильевич** – доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, член Национального комитета по теоретической и прикладной механике, президент НГТУ, г. Новосибирск (Российская Федерация)

#### Члены совета

*Федеративная Республика Бразилия:* **Альберто Морейра Хорхе**, профессор, доктор технических наук, Федеральный университет, г. Сан Карлос

*Федеративная Республика Германия:* **Монико Грайф**, профессор, доктор технических наук, Высшая школа Рейн-Майн, Университет прикладных наук, г. Рюссельсхайм, **Томас Хассел**, доктор технических наук, Ганноверский университет Вильгельма Лейбница, г. Гарбсен, **Флориан Нюрнбергер**, доктор технических наук, Ганноверский университет Вильгельма Лейбница, г. Гарбсен

*Испания:* **Чувиллин А.Л.**, кандидат физико-математических наук, профессор, научный руководитель группы электронной микроскопии «CIC nanoGUNE», г. Сан-Себастьян

*Российская Федерация:* **Пантелеенко Ф.И.**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, Заслуженный деятель науки Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, г. Минск

*Украина:* **Ковалевский С.В.**, доктор технических наук, профессор, проректор по научно-педагогической работе Донбасской государственной машиностроительной академии, г. Краматорск

*Российская Федерация:* **Атапин В.Г.**, доктор техн. наук, профессор, НГТУ, г. Новосибирск, **Балков В.П.**, зам. ген. директора АО «ВНИИинструмент», канд. техн. наук, г. Москва, **Батаев В.А.**, доктор техн. наук, профессор, НГТУ, г. Новосибирск, **Буров В.Г.**, доктор техн. наук, профессор, НГТУ, г. Новосибирск, **Коротков А.Н.**, доктор техн. наук, профессор, академик РАН, КузГТУ, г. Кемерово, **Лобанов Д.В.**, доктор техн. наук, доцент, ЧГУ, г. Чебоксары, **Макаров А.В.**, доктор техн. наук, член-корреспондент РАН, ИФМ УрО РАН, г. Екатеринбург, **Овчаренко А.Г.**, доктор техн. наук, профессор, БТИ АлтГТУ, г. Бийск, **Сараев Ю.Н.**, доктор техн. наук, профессор, ИФПМ СО РАН, г. Томск, **Янюшкин А.С.**, доктор техн. наук, профессор, ЧГУ, г. Чебоксары



Журнал «Обработка металлов (технология • оборудование • инструменты)» индексируется в крупнейших в мире реферативно-библиографических наукометрических базах данных Web of Science и Scopus.

WEB OF SCIENCE



Журнал входит в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук».



Полный текст журнала «Обработка металлов (технология • оборудование • инструменты)» теперь можно найти в базах данных компании EBSCO Publishing на платформе EBSCOhost. EBSCO Publishing является ведущим мировым агрегатором научных и популярных изданий, а также электронных и аудиокниг.

#### СОУЧРЕДИТЕЛИ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный  
технический университет»  
ООО НПКФ «Машсервисприбор»

#### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

**Батаев Анатолий Андреевич** – профессор,  
доктор технических наук,  
ректор НГТУ

#### ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

**Иванцовский Владимир Владимирович** – доцент,  
доктор технических наук

**Скиба Вадим Юрьевич** – доцент, кандидат технических наук

**Ложкина Елена Алексеевна** – редактор перевода текста  
на английский язык,  
кандидат технических наук

ИЗДАЕТСЯ С 1999 г.

Периодичность – 4 номера в год

#### ИЗДАТЕЛЬ

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ. Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Ulrich's Periodicals Directory»

Журнал награжден в 2005 г. Большой Золотой Медалью Сибирской Ярмарки за освещение новых технологий, инструмента, оборудования для обработки металлов

Журнал зарегистрирован 01.03.2021 г. Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-80400

Индекс: **70590** по каталогу ООО «УП УРАЛ-ПРЕСС»

Адрес редакции и издателя:

630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), корп. 5.

Тел. +7 (383) 346-17-75

Сайт журнала [http://journals.nstu.ru/obrabotka\\_metallor](http://journals.nstu.ru/obrabotka_metallor)

E-mail: [metal\\_working@mail.ru](mailto:metal_working@mail.ru); [metal\\_working@corp.nstu.ru](mailto:metal_working@corp.nstu.ru)

Цена свободная

Перепечатка материалов из журнала «Обработка металлов» возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала; ссылка на журнал при перепечатке обязательна.  
За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

16+

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНОЛОГИЯ

Акинцева А.В., Переверзев П.П. Моделирование взаимосвязи силы резания с глубиной резания и объемами снимаемого металла единичными зернами при плоском шлифовании.....	6
Шарма Ш.С., Йоши А., Раджпут Й.С. Систематический обзор технологий производства металлической пены.....	22
Карлина Ю.И., Кононенко Р.В., Иванцовский В.В., Попов М.А., Дерюгин Ф.Ф., Бянкин В.Е. Обзор современных требований к сварке трубных высокопрочных низколегированных сталей.....	36
Старцев Е.А., Бахматов П.В. Влияние режимов дуговой автоматической сварки на геометрические параметры шва стыковых соединений из низкоуглеродистой стали, выполненных с применением экспериментального флюса.....	61
Мартюшев Н.В., Козлов В.Н., Ци М., Багинский А.Г., Хань Ц., Бовкун А.С. Фрезерование заготовок из мартенситной стали 40X13, полученных с помощью аддитивных технологий.....	74
Логинев Ю.Н., Замаева Ю.В. Оценка схемы многоканального углового прессования прутков и возможности ее применения на практике.....	90

### ОБОРУДОВАНИЕ. ИНСТРУМЕНТЫ

Раджпут Й.С., Шарма А.К., Мишра В.Н., Саксена К., Дипак Д., Шарма Ш.С. Влияние геометрии наконечника сварочного инструмента на характеристики растяжения соединений сплава AA8011, полученных сваркой трением с перемешиванием....	105
Чинчаникар С., Гейдж М.Г. Моделирование рабочих характеристик и мультикритериальная оптимизация при токарной обработке нержавеющей стали AISI 304 (12X18H10T) резцами с износостойким покрытием и с износостойким покрытием, подвергнутым микропескоструйной обработке.....	117
Гуле Г.С., Санап С., Чинчаникар С. Точение стали AISI 52100 с наложением ультразвуковых колебаний: сравнительная оценка и моделирование с использованием анализа размерностей.....	136
Пивкин П.М., Ершов А.А., Миронов Н.Е., Надыкто А.Б. Влияние формы тороидальной задней поверхности на углы режущего клина и механические напряжения вдоль режущей кромки сверла.....	151

### МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Соколов Р.А., Муратов К.Р., Венедиктов А.Н., Мамадалиев Р.А. Влияние внутренних напряжений на интенсивность коррозионных процессов конструкционной стали.....	167
Клименов В.А., Колубаев Е.А., Хань Ц., Чумаевский А.В., Двилис Э.С., Стрелкова И.Л., Дробяз Е.А., Яременко О.Б., Куранов А.Е. Модуль упругости и твердость титанового сплава, сформировавшегося в условиях электронного лучевого сплавления при 3D-печати проволокой.....	180
Воронцов А.В., Филиппов А.В., Шамарин Н.Н., Москвичев Е.Н., Новицкая О.С., Княжев Е.О., Денисова Ю.А., Леонов А.А., Денисов В.В. In situ анализ кристаллической решетки нитридных однокомпонентных и многослойных покрытий ZrN/CrN в процессе термоциклирования.....	202
Рубцов В.Е., Панфилов А.О., Княжев Е.О., Николаева А.В., Черемнов А.М., Гусарова А.В., Белобородов В.А., Чумаевский А.В., Гриненко А.В., Колубаев Е.А. Влияние высокоэнергетического воздействия при плазменной резке на структуру и свойства поверхностных слоёв алюминиевых и титановых сплавов.....	216
Бобылёв Э.Э., Стороженко И.Д., Маторин А.А., Марченко В.Д. Особенности формирования Ni-Cr покрытий, полученных диффузионным легированием из среды легкоплавких жидкометаллических растворов.....	232
Бурков А.А., Коневцов Л.А., Дворник М.И., Николенко С.В., Кулик М.А. Формирование и исследование свойств покрытий из металлического стекла FeWCrMoBC на стали 35.....	244
Шарма Ш.С., Хатри Р., Йоши А. Синергетический подход к разработке легкого пористого металлического пеноматериала на основе алюминия с использованием литейно-металлургического метода.....	255
Строкач Е.А., Кожевников Г.Д., Пожидаев А.А., Добровольский С.В. Моделирование эрозионного износа титанового сплава высокоскоростным потоком частиц.....	268

### МАТЕРИАЛЫ РЕДАКЦИИ

284

### МАТЕРИАЛЫ СОУЧЕРЕДИТЕЛЕЙ

295

Корректор *Е.Е. Татарникова*  
Художник-дизайнер *А.В. Ладыжская*  
Компьютерная верстка *Н.В. Гаврилова*

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции  
Издание соответствует коду 95 2000 ОК 005-93 (ОКП)

Подписано в печать 01.12.2023. Выход в свет 15.12.2023. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.  
Усл. печ.л. 37,0. Уч.-изд. л. 68,82. Изд. № 209. Заказ 296. Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии Новосибирского государственного технического университета  
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

# ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

## METAL WORKING & MATERIAL SCIENCE

ISSN 1994-6309 (Print)

ISSN 2541-819X (Online)

**Volume 25 No.4 2023 SCIENTIFIC, TECHNICAL AND INDUSTRIAL JOURNAL**

### EDITORIAL BOARD

#### EDITOR-IN-CHIEF:

**Anatoliy A. Bataev**, D.Sc. (Engineering), Professor, Rector,  
Novosibirsk State Technical University,  
Novosibirsk, Russian Federation

#### DEPUTIES EDITOR-IN-CHIEF:

**Vladimir V. Ivancivsky**, D.Sc. (Engineering), Associate Professor,  
Department of Industrial Machinery Design,  
Novosibirsk State Technical University,  
Novosibirsk, Russian Federation

**Vadim Y. Skeebe**, Ph.D. (Engineering), Associate Professor,  
Department of Industrial Machinery Design,  
Novosibirsk State Technical University,  
Novosibirsk, Russian Federation

#### Editor of the English translation:

**Elena A. Lozhkina**, Ph.D. (Engineering),  
Department of Material Science in Mechanical Engineering,  
Novosibirsk State Technical University,  
Novosibirsk, Russian Federation

The journal is issued since 1999

Publication frequency – 4 numbers a year



Data on the journal are published in  
«Ulrich's Periodical Directory»

Journal “Obrabotka Metallov” (“Metal Working and Material Science”) has been Indexed in Clarivate Analytics Services.



Journal “Obrabotka Metallov – Metal Working and Material Science” is indexed in the world's largest abstracting bibliographic and scientometric databases Web of Science and Scopus.



Journal “Obrabotka Metallov” (“Metal Working & Material Science”) has entered into an electronic licensing relationship with EBSCO Publishing, the world's leading aggregator of full text journals, magazines and eBooks. The full text of JOURNAL can be found in the EBSCOhost™ databases.

Novosibirsk State Technical University, Prospekt K. Marksa, 20,  
Novosibirsk, 630073, Russia

Tel.: +7 (383) 346-17-75

[http://journals.nstu.ru/obrabotka\\_metallov](http://journals.nstu.ru/obrabotka_metallov)

E-mail: [metal\\_working@mail.ru](mailto:metal_working@mail.ru); [metal\\_working@corp.nstu.ru](mailto:metal_working@corp.nstu.ru)

# EDITORIAL COUNCIL CHAIRMAN:

**Nikolai V. Pustovoy**, D.Sc. (Engineering), Professor,  
President, Novosibirsk State Technical University,  
*Novosibirsk*, Russian Federation

## MEMBERS:

*The Federative Republic of Brazil:*

**Alberto Moreira Jorge Junior**, Dr.-Ing., Full Professor;  
Federal University of São Carlos, *São Carlos*

*The Federal Republic of Germany:*

**Moniko Greif**, Dr.-Ing., Professor,  
Hochschule RheinMain University of Applied Sciences, *Russelsheim*

**Florian Nürnberger**, Dr.-Ing.,  
Chief Engineer and Head of the Department “Technology of Materials”,  
Leibniz Universität Hannover, *Garbsen*;

**Thomas Hassel**, Dr.-Ing.,  
Head of Underwater Technology Center Hanover,  
Leibniz Universität Hannover, *Garbsen*

*The Spain:*

**Andrey L. Chuvilin**, Ph.D. (Physics and Mathematics),  
Ikerbasque Research Professor,  
Head of Electron Microscopy Laboratory “CIC nanoGUNE”,  
*San Sebastian*

*The Republic of Belarus:*

**Fyodor I. Panteleenko**, D.Sc. (Engineering), Professor,  
First Vice-Rector, Corresponding Member of National Academy of Sciences of Belarus,  
Belarusian National Technical University, *Minsk*

*The Ukraine:*

**Sergiy V. Kovalevskyy**, D.Sc. (Engineering), Professor,  
Vice Rector for Research and Academic Affairs,  
Donbass State Engineering Academy, *Kramatorsk*

*The Russian Federation:*

**Vladimir G. Atapin**, D.Sc. (Engineering), Professor,  
Novosibirsk State Technical University, *Novosibirsk*;

**Victor P. Balkov**, Deputy general director,  
Research and Development Tooling Institute “VNIINSTRUMENT”, *Moscow*;

**Vladimir A. Bataev**, D.Sc. (Engineering), Professor,  
Novosibirsk State Technical University, *Novosibirsk*;

**Vladimir G. Burov**, D.Sc. (Engineering), Professor,  
Novosibirsk State Technical University, *Novosibirsk*;

**Aleksandr N. Korotkov**, D.Sc. (Engineering), Professor,  
Kuzbass State Technical University, *Kemerovo*;

**Dmitry V. Lobanov**, D.Sc. (Engineering), Associate Professor,  
I.N. Ulianov Chuvash State University, *Cheboksary*;

**Aleksey V. Makarov**, D.Sc. (Engineering), Corresponding Member of RAS,  
Head of division, Head of laboratory (Laboratory of Mechanical Properties)  
M.N. Miheev Institute of Metal Physics,

Russian Academy of Sciences (Ural Branch), *Yekaterinburg*;

**Aleksandr G. Ovcharenko**, D.Sc. (Engineering), Professor,  
Biysk Technological Institute, *Biysk*;

**Yuriy N. Saraev**, D.Sc. (Engineering), Professor,  
Institute of Strength Physics and Materials Science,  
Russian Academy of Sciences (Siberian Branch), *Tomsk*;

**Alexander S. Yanyushkin**, D.Sc. (Engineering), Professor,  
I.N. Ulianov Chuvash State University, *Cheboksary*

## CONTENTS

### TECHNOLOGY

<b>Akintseva A.V., Pereverzev P.P.</b> Modeling the interrelation of the cutting force with the cutting depth and the volumes of the metal being removed by single grains in flat grinding.....	6
<b>Sharma S.S., Joshi A., Rajpoot Y.S.</b> A systematic review of processing techniques for cellular metallic foam production.....	22
<b>Karlina Yu.I., Kononenko R.V., Ivantsivsky V.V., Popov M.A., Deryugin F.F., Byankin V.E.</b> Review of modern requirements for welding of pipe high-strength low-alloy steels.....	36
<b>Startsev E.A., Bakhmatov P.V.</b> The influence of automatic arc welding modes on the geometric parameters of the seam of butt joints made of low-carbon steel, made using experimental flux.....	61
<b>Martyushev N.V., Kozlov V.N., Qi M., Baginskiy A.G., Han Z., Bovkun A.S.</b> Milling martensitic steel blanks obtained using additive technologies.....	74
<b>Loginov Yu.N., Zamaraeva Yu.V.</b> Evaluation of the bars' multichannel angular pressing scheme and its potential application in practice.....	90

### EQUIPMENT. INSTRUMENTS

<b>Rajpoot Y.S., Sharma A.K., Mishra V.N., Saxena K., Deepak D., Sharma S.S.</b> Effect of tool pin profile on the tensile characteristics of friction stir welded joints of AA8011.....	105
<b>Chinchani S., Gadge M.G.</b> Performance modeling and multi-objective optimization during turning AISI 304 stainless steel using coated and coated-microblasted tools.....	117
<b>Ghule G.S., Sanap S., Chinchani S.</b> Ultrasonic vibration-assisted hard turning of AISI 52100 steel: comparative evaluation and modeling using dimensional analysis.....	136
<b>Pivkin P.M., Ershov A.A., Mironov N.E., Nadykto A.B.</b> Influence of the shape of the toroidal flank surface on the cutting wedge angles and mechanical stresses along the drill cutting edge.....	151

### MATERIAL SCIENCE

<b>Sokolov R.A., Muratov K.R., Venediktov A.N., Mamadaliev R.A.</b> Influence of internal stresses on the intensity of corrosion processes in structural steel.....	167
<b>Klimenov V.A., Kolubaev E.A., Han Z., Chumaevskii A.V., Dvilis E.S., Strelkova I.L., Drobyaz E.A., Yaremenko O.B., Kuranov A.E.</b> Elastic modulus and hardness of Ti alloy obtained by wire-feed electron-beam additive manufacturing.....	180
<b>Vorontsov A.V., Filippov A.V., Shamarin N.N., Moskvichev E.N., Novitskaya O.S., Knyazhev E.O., Denisova Yu.A., Leonov A.A., Denisov V.V.</b> In situ crystal lattice analysis of nitride single-component and multilayer ZrN/CrN coatings in the process of thermal cycling.....	202
<b>Rubtsov V.E., Panfilov A.O., Kniazhev E.O., Nikolaeva A.V., Cheremnov A.M., Gusarova A.V., Beloborodov V.A., Chumaevskii A.V., Grinenko A.V., Kolubaev E.A.</b> Influence of high-energy impact during plasma cutting on the structure and properties of surface layers of aluminum and titanium alloys.....	216
<b>Bobylyov E.E., Storozhenko I.D., Matorin A.A., Marchenko V.D.</b> Features of the formation of Ni-Cr coatings obtained by diffusion alloying from low-melting liquid metal solutions.....	232
<b>Burkov A.A., Konevtsov L.A., Dvornik M.H., Nikolenko S.V., Kulik M.A.</b> Formation and investigation of the properties of FeWCrMoBC metallic glass coatings on carbon steel.....	244
<b>Sharma S.S., Khatri R., Joshi A.</b> A synergistic approach to the development of lightweight aluminium-based porous metallic foam using stir casting method.....	255
<b>Strokach E.A., Kozhevnikov G.D., Pozhidaev A.A., Dobrovolsky S.V.</b> Numerical study of titanium alloy high-velocity solid particle erosion.....	268

<b>EDITORIAL MATERIALS</b>	284
----------------------------	-----

<b>FOUNDERS MATERIALS</b>	295
---------------------------	-----