

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
АКАДЕМІЯ ІНЖЕНЕРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ

# ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА МЕТАЛУРГІЇ

№2  
(133)  
2022

ЗАГАЛЬНОДЕРЖАВНИЙ НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

Видається з березня 1997 року  
Виходить 6 разів на рік

**Засновники:** Національна металургійна академія України  
Відділення матеріалознавства та металургії  
Академії інженерних наук України

**Видавці:** Національна металургійна академія України  
Відділення матеріалознавства та металургії  
Академії інженерних наук України

Дніпро  
2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ**  
**АКАДЕМІЯ ІНЖЕНЕРНИХ НАУК УКРАЇНИ**

Загальнодержавний  
науково-технічний журнал

**ISSN 1028-2335**

*Випуск 2 (133) 2022р*

Свідоцтво про реєстрацію:  
серія КВ № 21962-11862ПР  
від 23 березня 2016 року

Наказом МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І  
НАУКИ УКРАЇНИ №157 від  
**09.02.2021 р.** журнал включено до  
категорії «Б» переліку наукових  
фахових видань України, по  
спеціальностям:  
133 – Галузеве машинобудування;  
136 – Металургія;  
161 – Хімічні технології

Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Ум. друк. арк. 5,12

Адреса редакції та видавця: Національна  
металургійна академія України,  
пр. Гагаріна, 4, м. Дніпро, 49006  
т. (056) 745-41-96;  
Тираж 100 прим.

Засновники:

Центр (відділення) матеріалознавства і металургії Академії  
інженерних наук України

Національна металургійна академія України

**Редакційна колегія**

*Головний редактор*

д.т.н., проф. **Пройдак Ю.С.** (Україна)

*Заступник головного редактора*

д.т.н., проф. **Камкіна Л.В.** (Україна)

д.т.н., проф. Білодіденко С.В.	(Україна)
д.т.н., проф. Волкова О. І.	(Німеччина)
д.т.н., проф. Гнатушенко В.В.	(Україна)
д.т.н., проф. Кнапинський М.Я.	(Польща)
д.т.н., проф. Куцова В.З.	(Україна)
д.т.н., проф. Лежнев С.М.	(Казахстан)
д.т.н., проф. Лялюк В.П.	(Україна)
д.т.н., проф. Малий Є.І.	(Україна)
д.т.н., проф. Медовар Л.Б.	(Україна)
д.т.н., проф. Сігарьов Є.М.	(Україна)
д.т.н., проф. Стовпченко Г.П.	(Україна)
д.т.н., проф. Фролов Я.В.	(Україна)
д.т.н., проф. Шатоха В.І.	(Україна)

Передрук лише за дозволом редакції

При використанні матеріалів посилання на журнал обов'язкове  
**Видавництво не несе відповідальність за зміст матеріалу,  
наданого автором до друку**

Матеріали публікуються на мові оригіналу

За якість перекладу статей на англійську мову редакція відповідальності не несе  
**Редакційна рада залишає за собою право змінювати текст статей,  
не впливаючи на загальний зміст наданого матеріалу**



+38056-745-41-96;

<http://tpm.nmetau.edu.ua>

e-mail: [projdak@metal.nmetau.edu.ua](mailto:projdak@metal.nmetau.edu.ua)

Комп'ютерне верстання О.Г.Безшкуренко

©НМетАУ 2021

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES OF UKRAINE  
NATIONAL METALLURGICAL ACADEMY OF UKRAINE

# THEORY AND PRACTICE OF METALLURGY

#2  
(133)  
2022

GENERAL STATE SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Issued since March 1997  
Released 6 times a year

*Founders:* National Metallurgical Academy of Ukraine  
Department of Materials Science and Metallurgy  
Of the Academy of Engineering Sciences of Ukraine

*Publishers:* National Metallurgical Academy of Ukraine  
Department of Materials Science and Metallurgy  
Of the Academy of Engineering Sciences of Ukraine

Dnipro  
2022

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES OF UKRAINE  
NATIONAL METALLURGICAL ACADEMY OF UKRAINE**

National scientific journal

**ISSN 1028-2335**

*Edition 2 (133) 2022 year*

Certificate of registration:

KB № 21962-11862П

23.03.2016

By the order of the MINISTRY OF  
EDUCATION AND SCIENCE OF  
UKRAINE №157 from 09.02.2021,  
the journal is included in category "B"  
of the list of scientific professional  
publications of Ukraine, by  
specialties:

133 - Industry engineering;

136 - Metallurgy;

161 - Chemical technologies

Format 60x84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

CPP. 5,12

Editorial address and publisher: National  
Metallurgical Academy of Ukraine, Gagarina,

4, Dnipro 49006

т.(056) 745-41-96;

Copies of 100.

Founders:

Center (Department) of Materials Science and Metallurgy of the  
Academy of Engineering Sciences of Ukraine  
National Metallurgical Academy of Ukraine

**Editorial board**

*Editor in Chief*

D.Tech.Sc., prof. **Proydak Yu** (Ukraine)

*Honorable Editor*

D.Tech.Sc., prof. **Kamkina L.** (Ukraine)

Prof., d.t.s. Bilodidenko S.	(Ukraine)
Prof., d.t.s. Volkova O.	(Germany)
Prof., d.t.s. Gnatushenko V.	(Ukraine)
Prof., d.t.s. Knapinskij M.	(Poland)
Prof., d.t.s. Kutsova V.	(Ukraine)
Prof., d.t.s. Lezhnyev S.	(Kazakhstan)
Prof., d.t.s. Lyalyuk V.	(Ukraine)
Prof., d.t.s. Malij Ye.	(Ukraine)
Prof., d.t.s. Medovar L.	(Ukraine)
Prof., d.t.s. Sigarov Ye	(Ukraine)
Prof., d.t.s. Frolov Ya.	(Ukraine)
Prof., d.t.s. Shatoha V.	(Ukraine)

Reproduction only with permission of the publisher

With reference to the journal is obligatory

Publisher is not responsible for the content of the material,  
by authors for publication

Publikuyutsya materials in the original language

For quality translations of articles on English version is not liable

Editorial Board reserves the right to change the text of the articles without affecting  
the overall content of the material



+38056-745-41-96;

<http://tpm.nmetau.edu.ua>

e-mail:projdak@metal.nmetau.edu.ua

Computer layout by Olexej Bezshkurenko

©NMetAU 2021