

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЇ ІМ. АКАДЕМІКА М. І. ГАСИКА
ПРИДНІПРОВСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР НАН УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ ВИРОБНИКІВ ФЕРОСПЛАВІВ ТА ІНШОЇ
ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЙНОЇ ПРОДУКЦІЇ
АКАДЕМІЯ НАУК ВИЩОЇ ШКОЛИ УКРАЇНИ



Матеріали

Міжнародної науково-практичної конференції
“Інновації в металургії і суміжних стратегічних галузях для енергоефективності
і сталого розвитку”

The Proceedings
of the International scientific and practical conference
“Innovation in Metallurgy and Strategical adjacent industries for energy efficient
and sustainable development”

присвячена
100-річчю кафедри електрометалургії ім. академіка М. І. Гасика

22-23 квітня, 2025

ДНІПРО

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЇ ІМ. АКАДЕМІКА М. І. ГАСИКА
ПРИДНІПРОВСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР НАН УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКА АСОЦІАЦІЯ ВИРОБНИКІВ ФЕРОСПЛАВІВ ТА ІНШОЇ
ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЙНОЇ ПРОДУКЦІЇ
АКАДЕМІЯ НАУК ВИЩОЇ ШКОЛИ УКРАЇНИ



Матеріали

Міжнародної науково-практичної конференції
“Інновації в металургії і суміжних стратегічних галузях для енергоефективності
і сталого розвитку”

присвячена
100-річчю кафедри електрометалургії ім. академіка М. І. Гасика

22-23 квітня, 2025

ДНІПРО

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES
DEPARTMENT OF ELECTROMETALLURGY NAMED AFTER
ACADEMICIAN MYKHAILO GASIK
PRYDNIPROVSKYI SCIENTIFIC CENTER OF THE NAS OF UKRAINE
UKRAINIAN ASSOCIATION OF MANUFACTURERS OF FERROALLOYS AND
OTHER ELECTROMETALURGICAL PRODUCTS
ACADEMY OF SCIENCES OF HIGHER EDUCATION OF UKRAINE



The Proceedings
of the International scientific and practical conference
“Innovation in Metallurgy and Strategic adjacent industries for energy efficient
and sustainable development”

dedicated to the
100th anniversary of the Department of Electrometallurgy named after Academician
Mykhailo Gasik

22-23 April 2025

DNIPRO

УДК 669:[005.591.6:620.92](082)

I 66

Рекомендовано до друку вченою радою Українського державного університету науки і технологій

(Протокол № 12 від 28.05.2025)

Рецензенти:

Грищенко С. Г. – голова ради директорів об'єднання “Укркольормет”, проф., д.т.н.

Камкіна Л. В. – декан факультету металургійних процесів та хімічних технологій Українського державного університету науки і технологій, проф., д.т.н.

I 66 Інновації в металургії і суміжних стратегічних галузях для енергоефективності і сталого розвитку : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 22–23 квітня 2025 р. / за заг. ред. Ю. С. Проїдака, О. В. Жаданоса. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2025. – 198 с.

У збірнику подано матеріали, що висвітлюють актуальні проблеми розвитку сучасних технологій в металургійному виробництві, на залізничному транспорті, хімічних виробництвах. Значна увага приділена питанням цифрової трансформації, математичному моделюванню, мультидисциплінарним дослідженням.

ISBN 978-617-8314-05-7(PDF)

Recommended for publication by the Academic Council of the Ukrainian State University of Science and Technologies

(Minutes No. 12 dated May 28, 2025)

Reviewers:

Hryshchenko S. G. – Chairman of the Board of Directors of the Association "Ukrkolormet", Professor, Doctor of Technical Sciences

Kamkina L. V. – Dean of the Faculty of Metallurgical Processes and Chemical Technologies, Ukrainian State University of Science and Technology, Professor, Doctor of Technical Sciences

Innovations in Metallurgy and Related Strategic Industries for Energy Efficiency and Sustainable Development : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, April 22–23, 2025 / edited by Yu. S. Proidak, O. V. Zhadanos. – Electronic edition. – Dnipro : USUST, 2025. – 198 p.

The collection presents materials highlighting current issues in the development of modern technologies in metallurgical production, railway transport, and chemical industries. Significant attention is paid to digital transformation, mathematical modeling, and multidisciplinary research.



Цей твір ліцензовано на умовах Ліцензії Creative Commons

[«Attribution-NonCommercial-ShareAlike» 4.0 International \(CC BY-NC-SA 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

[\(«Із зазначенням авторства – Некомерційна – Поширення на тих самих умовах» 4.0 Міжнародна\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

ISBN 978-617-8314-05-7(PDF)
DOI 10.15802/978-617-8314-05-7

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2025

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	14
СЕКЦІЯ 1. СУЧАСНА ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЯ: ПРОБЛЕМИ ТА РІШЕННЯ	15
ПРОДУВАННЯ ВАННИ КОНВЕРТЕРА ПРИ РАФІНУВАННІ ФЕРОНІКЕЛЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОДНОСОПЛОВИХ ТА ТРИСОПЛОВИХ ФУРМ Акрєєв В.В., Приходько С.В., Мельник С.О., Овчарук А.М.	15
ОГЛЯД ДОСТУПНИХ ДЖЕРЕЛ МАРГАНЦЕВОЇ СИРОВИНИ ТА ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА МАРГАНЦЕВИХ СПЛАВІВ ПІДПРИЄМСТВАМИ УКРАЇНИ Аносов О.В., Гладких В.А., Рубан А.В., Рябцев О.О.	21
ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ПІД ЧАС ВИПЛАВКИ МАРГАНЦЕВИХ ФЕРОСПЛАВІВ В УМОВАХ АТ НІКОПОЛЬСЬКИЙ ЗАВОДУ ФЕРОСПЛАВІВ Бабуцький В.І., Зінченко О.М.	25
РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИПЛАВКИ СПЛАВІВ МАРГАНЦІО Величко К.О.	30
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕФЕКТИВНОГО НАГРІВУ ЗАЛІЗО-РУДО-ВУГІЛЬНОГО БРИКЕТУ В ІНДУКЦІЙНОМУ ПОЛІ Грек О.С.	35
ІНТЕНСИФІКУЮЧИЙ ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЮ НА ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДІВ Гришин О.М., Надточій А.А., Губа Р.М., Хромовський С.А.	40
ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ЕКОЛОГІЧНИХ В'ЯЖУЧИХ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВУГЛЕГРАФІТОВИХ ВИРОБІВ Дерев'яно І.В., Жаданос О.В., Агєєв О.Г.	46
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЛАВЛЕННЯ ВУГЛЕЦЬКАРБІДОКРЕМНІЄВИХ БРИКЕТІВ В СТАЛЬ-КОВШІ ПРИ ПОЗАПІЧНІЙ ОБРОБЦІ СТАЛІ Жаданос О.В., Дерев'яно І.В., Шепетяк Є.О., Мацишин В.Г., Петренко М.С.	49
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ ПРОЦЕСІВ БЕЗПЕРЕРВНОГО ЛИТТЯ ТА ПРОКАТКИ У МОДУЛЬНИХ МЕТАЛУРГІЙНИХ СИСТЕМАХ Ціколія А.З., Кононов Д.О.	54
ХАРАКТЕРИСТИКА ВУГЛЕЦЕВИХ ВІДНОВНИКІВ ДЛЯ ВИПЛАВКИ ФЕРОСИЛІЦІО З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ КРЕМНІЮ Кравченко В.П., Гладких В.А., Рубан А.В., Малий Є.Д.	59

RECOVERY OF IRON FROM NICKEL ORE OXIDES IN A TUBULAR ROTARY KILN USING ENERGY GROUP COALS AS REDUCING AGENTS Melnyk S.O., Akreiev V.V., Prykhodko S.V., Ovcharuk A.M.	64
RELATIONSHIP BETWEEN THEORY AND PRACTICE ON THE WAY OF EVOLUTIONARY DEVELOPMENT OF METALLURGICAL PROCESSES Anatolii Mishalkin, Vitalii Petrenko, Andrii Selegei, Tetiana Fonarova, Andrii Selegei	70
PROBLEMS OF NICKEL ORE SMELTING AND SELECTION OF THE OPTIMAL PROCESS Prykhodko S.V., Akreiev V.V., Melnyk S.O., Ovcharuk A.M.	77
Cu-Al-Sn-Mn RESEARCH ON THE CASTING PROPERTIES OF BRONZE OF THE Cu- Al-Sn-Mn SYSTEM Andrii Bilyi, Serhii Repiakh, Vladyslav Shemet, Rostyslav Barkar	83
THE PROBLEM OF CONSTITUTION OF FLOORING AT THE BOTTOM OF THE ORE FURNACE DURING FEROSILICOMANGANESE VIBRATION Ruban A.V., Nadtochiy A.A., Ovcharuk A.M., Zinchenko O.M.	86
STUDY OF THE PROCESS OF AGGLOMERATION OF ENRICHED MANGANESE OXIDE ORE BY ADDING A BINDER Projdak Y.S., Gogenko O.O., Sydorskyi O.V., Gogenko O.O., Tolstun O.I.	91
EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF AN ELECTROMAGNETIC FIELD ON THE PROCESS OF SOLID-PHASE REDUCTION OF IRON OXIDES BY GASES Skrypchenko R.D.	93
IMPACT ON COAL QUALITY PARAMETERS BY DEEP ENRICHMENT Koreniev Oleksii, Sorokin Yevhenii	99
METHOD OF REASONED ADJUSTMENT OF THE BATCH LOADING MODE, TAKING INTO ACCOUNT THE PARAMETERS OF THE PLASTIC ZONE IN A BLAST FURNACE Shcherbachev V.R., Biloshapka O.O.	104
RESEARCH ON STRUCTURING OF CLAD SAND IN MICROWAVE RADIATION DURING THE MANUFACTURE OF CASTING MOLDS BASED ON FROZEN MODELS Dmyrto Yakimenko, Oleksandr Bilyi, Iryna Osypenko, Artem Taranov	106

ДОСЛІДЖЕННЯ ЛИВАРНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БРОНЗИ СИСТЕМИ Cu-Al-Sn-Mn

Білий А.П., аспірант кафедри ливарного виробництва, Український державний університет науки і технологій, просп. Науки 4, Дніпро, 49600, Україна (E-mail: 777bap777@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2391-6575>),

Реп'ях С.І., д.т.н., професор кафедри ливарного виробництва, Український державний університет науки і технологій, просп. Науки 4, Дніпро, 49600, Україна (E-mail: 123rs@ua.fm, <https://orcid.org/0000-0003-0203-4135>),

Шемет В.Ю., аспірант кафедри ливарного виробництва, Український державний університет науки і технологій, просп. Науки 4, Дніпро, 49600, Україна (E-mail: vladislavshemet705@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-2216-8270>),

Баркар Р.Р., аспірант кафедри ливарного виробництва, Український державний університет науки і технологій, просп. Науки 4, Дніпро, 49600, Україна (E-mail: barkarrostislav@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-0680-6101>)

Анотація. У роботі представлено результати дослідження ливарних властивостей бронзи системи Cu-Al-Sn-Mn, розробляємої для експлуатації в умовах дії морської води. За результатами виконаних досліджень встановлено селективний вплив хімічних елементів бронзи на її рідкоплинність та лінійну усадку. Встановлено раціональні межі зміни хімічних елементів бронзи. Одержані результати свідчать про доцільність легування марганцем та оловом задля покращення ливарних характеристик алюмінієвих бронз.

Ключові слова: ливарні властивості, алюмінієва бронза, марганець, олово, рідкоплинність, лінійна усадка

RESEARCH ON THE CASTING PROPERTIES OF BRONZE OF THE Cu-Al-Sn-Mn SYSTEM

Andrii Bilyi, Ph.D student, Department of Foundry Production, Ukrainian State University of Science and Technologies, Nauky avenue, 4, Dnipro, 49600, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-2391-6575>, e-mail: 777bap777@gmail.com

Serhii Repiakh, Doctor of sciences, Prof., Department of Foundry Production, Ukrainian State University of Science and Technologies, Nauky avenue, 4, Dnipro, 49600, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-0203-4135>, e-mail 123rs@ua.fm

Vladyslav Shemet, Ph.D student, Department of Foundry Production, Ukrainian State University of Science and Technologies, Nauky avenue, 4, Dnipro, 49600, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0009-2216-8270>, e-mail vladislavshemet705@gmail.com

Rostyslav Barkar, Ph.D student, Department of Foundry Production, Ukrainian State University of Science and Technologies, Nauky avenue, 4, Dnipro, 49600, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0003-0680-6101>, e-mail barkarrostislav@gmail.com

Abstract. The paper presents the results of the study of the casting properties of bronze of the Cu-Al-Sn-Mn system, developed for operation in seawater conditions. According to the results

of the studies, the selective influence of the chemical elements of bronze on its fluidity and linear shrinkage was established. Rational limits for changing the chemical elements of bronze were established. The results obtained indicate the feasibility of alloying with manganese and tin to improve the casting characteristics of aluminum bronzes.

Keywords: casting properties, aluminum bronze, manganese, tin, fluidity, linear shrinkage

Вступ

Сплави на основі міді відомі поєднанням високих механічних характеристик, пластичності, корозійної стійкості, що робить їх незамінними у багатьох галузях машинобудування, суднобудування, нафто- та газовидобувної промисловості. Особливо актуальними є сплави, здатні працювати в агресивному середовищі морської води, де матеріали піддаються одночасному впливу хлоридів, кисню, біологічних агентів і абразивного зносу [1-3].

Вибір системи для досліджень оснований на результаті аналізу селективного впливу відомих хімічних елементів на структуру і властивості бінарних бронз. Зокрема, алюміній до 9,4% за масою в бронзі знаходиться в твердому розчині (в α -фазі) забезпечуючи бронзі вузький температурний інтервал кристалізації, підвищення міцності і лінійної усадки.

Система Cu-Al-Sn-Mn – перспективний напрям розробки нових марок ливарних бронз. Завдяки введенню алюмінію формується комплексна структура з підвищеною міцністю, а присутність олова й марганцю сприяє стабілізації фазових складників та утворенню захисної оксидної плівки на поверхні, що істотно уповільнює корозію. Проте детальні дослідження закономірностей структурування, фазоутворення, механічних, ливарних і експлуатаційних властивостей таких сплавів потребують системного підходу [4, 5].

Мета

Метою дослідження є встановлення ливарних властивостей ливарної бронзи системи Cu-Al-Sn-Mn, визначення впливу легуючих елементів рідкоплинність та лінійну усадку, визначити межі змін хімічного складу сплавів.

Методика

Матеріали: Досліджувалися експериментальні зливки бронзи із вмістом:

- Cu – основа;
- Al – 6–9%;
- Sn – 0,2–1,5%;
- Mn – 4–9%.

Технологія плавки: Плавка проводилася у тигельній електропечі при температурі 1200–1250 °С. Легування здійснювалося в процесі завантаження шихти в тигель. Заливання розплаву проводили з тигля у пісчано-глиняні форми з розмірами зразків $\text{Æ}20 \times 150$ мм та сталевий кокіль з розмірами зразків $20 \times 20 \times 120$ мм.

Методи аналізу:

1. Рідкоплинність сплавів визначали на спиралевидній пробі Керрі.
2. Лінійні розміри зразків вимірювали за допомогою штангенциркуля.

Результати та їх обговорення

Рідкоплинність бронзи досліджуваного складу склала 620...710 мм за пробою Керрі, що є добрим рівнем показника як до ливарних бронз. Лінійна усадка бронз змінюється в межах від 1,8 до 2,3%.

При цьому, в прийнятих межах масових змін алюміній знижує рідкоплинність, але підвищує лінійну усадку.

Присутність олова призводить до утворення інтерметаллідів, підвищенню міцності та твердості бронзи, зниженню рідкоплинності та лінійної усадки.

Марганець сприяє рафінуванню сплаву, підвищенню його міцності, знижує рідкоплинність і підвищує лінійну усадку бронз.

Висновки

5. Сплави системи Cu-Al-Sn-Mn мають високу перспективність для експлуатації в умовах морської води.
6. Раціональний склад бронзи, який забезпечує їй прийнятні ливарні властивості, наступний: Al = 6–9%; Sn = 0,2–1,5%; Mn = 4–9%; Cu – залишок.
7. Введення в бронзу системи Cu-Al певної кількості Mn і Sn дозволяє регулювати її структуру від однофазної до двофазної, що надає перспективу значного покращення не тільки її експлуатаційних, але і механічних властивостей.
8. Перспективними напрямками подальших досліджень є оптимізація хімічного складу бронзи за показниками її механічних властивостей.

Список використаних джерел

1. Дзюбіна А.В., Узлов К.І., Кімстач Т.В. Закономірності структуроутворення ливарних алюмінієвих бронз. *Молоді вчені 2021 – від теорії до практики* : матеріали XII Всеукр. конф. (Дніпро, 25 березня 2021 р.). Дніпро : НМетАУ, 2021. С. 34-38. ISBN 978-617-7891-09-2
2. Кімстач Т. В., Узлов К. І., Реп'ях С. І., Солоненко Л. І. Аналіз нормативних вимог до матеріалу для виготовлення гребних гвинтів. *Металургійна та гірничорудна промисловість*. 2020. № 3. С. 28–38. DOI: <https://doi.org/10.34185/0543-5749.2020-3-28-38>.
3. Узлов К. І., Реп'ях С. І., Дзюбіна А. В., Кімстач Т. В., Мовчан О. В. Аналіз відповідності нормативних вимог до алюмінієвих бронз закономірностям структуроутворення в системі Cu-Al. *Теорія і практика металургії*. 2019. № 5 (122). С. 55-63. DOI: <https://doi.org/10.34185/tpm.5.2019.07>.
4. Кімстач Т. В., Узлов К. І., Реп'ях С. І., Мазорчук В. Ф., Усенко Р. В., Іванова Л. Х. Фізичні та ливарні властивості сплавів системи Cu-SnAl. *Теорія і практика металургії*. 2021. № 6 (131). С. 31–38. DOI: <https://doi.org/10.34185/tpm.6.2021.05>.
5. Кімстач Т. В., Узлов К. І., Реп'ях С. І., Солоненко Л. В. Оптимізація вмісту олова та алюмінію в олов'яній бронзі за показниками механічних властивостей. *Металознавство та термічна обробка металів*. 2022. Т. 2. № 2 (97). С. 41–54. DOI: 10.30838/J.PMNTM.2413.050722.41.858.

Наукове видання

Загальна редакція Ю. С. Пройдака, О. В. Жаданоса

**ІННОВАЦІЇ В МЕТАЛУРГІЇ І СУМІЖНИХ СТРАТЕГІЧНИХ ГАЛУЗЯХ ДЛЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ І СТАЛОГО РОЗВИТКУ**

МАТЕРІАЛИ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

Електронне видання

Відповідальні за випуск: Пройдак Ю. С., Жаданос О. В.
Комп'ютерна верстка та дизайн: Жаданос О. В.

*Відповідальність за достовірність інформації, представленої в збірнику,
несуть автори*

Видавець: Український державний університет науки і технологій
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, ауд. 263 (наукова бібліотека)
м. Дніпро, 49010.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022