

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. Пройдака, 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 МАРГАНЦІУ 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 ФЕРОСИЛІЦІУ 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 СТРУКТУРУВАННЯ ПЛАКОВАНОГО ПІСКУ В МІКРОХВИЛЬОВОМУ ВИПРОМІНЮВАННІ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ЛИВАРНИХ ФОРМ ЗА ЗАМОРОЖЕНИМИ МОДЕЛЯМИ

Якименко Д.Ю., аспірант кафедри ливарного виробництва, Український державний університет науки і технологій, просп. Науки 4, Дніпро, 49600, Україна (E-mail: iskradnepr@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-8861-8966>),

Білий О.П., к.т.н., доцент кафедри ливарного виробництва, Український державний університет науки і технологій, просп. Науки 4, Дніпро, 49600, Україна (E-mail: baplitvo@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1234-5404>),

Осипенко І.О., к.т.н., доцент кафедри ливарного виробництва, Український державний університет науки і технологій, просп. Науки 4, Дніпро, 49600, Україна (E-mail: iralitvo@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7119-9278>),

Таранов А.А., аспірант кафедри ливарного виробництва, Український державний університет науки і технологій, просп. Науки 4, Дніпро, 49600, Україна (E-mail: taranovartema@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-6773-7079>)

Реферат. У роботі представлено аналіз процесу структурування плакованого піску під впливом мікрохвильового випромінювання під час виготовлення ливарних форм за замороженими моделями. Розглянуто механізми теплопереносу, характер зміни структури формувального матеріалу, вплив основних технологічних параметрів на фізико-механічні властивості форм. Отримано експериментальні залежності та встановлено оптимальні режими обробки для досягнення високої якості та міцності форм.

RESEARCH ON STRUCTURING OF CLAD SAND IN MICROWAVE RADIATION DURING THE MANUFACTURE OF CASTING MOLDS BASED ON FROZEN MODELS

Dmyrto Yakimenko, Ph.D student, Department of Foundry Production, Ukrainian State University of Science and Technologies, Nauky avenue, 4, Dnipro, 49600, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0002-8861-8966>, e-mail: iskradnepr@gmail.com

Oleksandr Bilyi, Ph.D, Ass. Prof., Department of Foundry Production, Ukrainian State University of Science and Technologies, Nauky avenue, 4, Dnipro, 49600, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0003-1234-5404>, e-mail baplitvo@gmail.com

Iryna Osypenko, Ph.D, Ass. Prof., Department of Foundry Production, Ukrainian State University of Science and Technologies, Nauky avenue, 4, Dnipro, 49600, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-7119-9278>, e-mail: iralitvo@gmail.com

Artem Taranov, Ph.D student, Department of Foundry Production, Ukrainian State University of Science and Technologies, Nauky avenue, 4, Dnipro, 49600, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0005-6773-7079>, e-mail taranovartema@gmail.com

Abstract. This paper analyzes the structuring process of coated sand under microwave radiation during the production of casting molds based on frozen patterns. The mechanisms of heat transfer and structural changes in the molding mixture are considered. The influence of technological parameters on mold quality is experimentally studied. Optimal processing regimes are proposed to ensure improved strength and uniformity of the molds.

Вступ

Сучасне ливарне виробництво активно впроваджує нові технології, які дозволяють скорочувати час виготовлення форм, зменшувати енергоспоживання та підвищувати точність виливків. Одним із перспективних напрямів є застосування моделей виливків з заморожених піщаних сумішей, що мінімізують деформації при витяганні моделі, а також створюють умови для формування складної геометрії [1]. Водночас технологія виготовлення форм за такими моделями висуває нові вимоги до формувальних сумішей та методів їх затвердіння.

Плакований пісок, завдяки наявності полімерного покриття навколо кожної зернини, демонструє високі технологічні властивості, зокрема точне копіювання поверхні моделі, стабільні механічні характеристики та низьку газоутворюваність. Однак реалізація потенціалу цього матеріалу без застосування термічної чи каталізованої обробки є неможливою. Традиційні методи затвердіння (термокамери, інфрачервоне нагрівання) мають значні обмеження — низька енергоефективність, нерівномірне прогрівання, високі втрати часу.

Мікрохвильове випромінювання як спосіб енергоактивного впливу на формувальні суміші демонструє ряд переваг: глибоке проникнення енергії, швидкий розігрів у товщі матеріалу, можливість локального керування температурним полем [2, 3]. Проте структура плакованого піску та наявність термочутливих компонентів (наприклад, смол) вимагає ретельного підбору режимів обробки [4, 5].

Мета

Метою дослідження є виявлення закономірностей процесу структурування плакованого піску під дією мікрохвильового випромінювання під час виготовлення ливарних форм за замороженими моделями, визначення оптимальних технологічних параметрів опромінення та їх впливу на міцність і точність виготовлених форм.

Методика

Матеріали та обладнання:

- Формувальна суміш: кварцовий пісок (фракція 0,2–0,4 мм), плакований фурановою смолою;
- Модельний матеріал: суміш кварцового піску і прісної води;
- Установка для мікрохвильового випромінювання: СВЧ-камера з потужністю магнітрону 900 Вт, частотою випромінювання 2,45 ГГц з регулюванням рівня потужності і часу опромінення.

Експериментальний план:

1. Формування ливарної форми навколо замороженої моделі у двох половинах опок;
 - Після завершення заповнення – миттєве опромінення в мікрохвильовій установці впродовж 4, 6, 9, 12, 15 хв;
2. Контрольні зразки оброблялися традиційним способом (сушіння в термокамері при 150°C протягом 120 хвилин).
3. Вимірювали:
 - Час повного затвердіння;
 - Межу міцності на стиск;
 - Розміри робочих порожнин ливарних форм.

Результати та їх обговорення

Загальні закономірності:

Мікрохвильове випромінювання забезпечує нагрівання формувальної суміші зсередини, що суттєво відрізняється від поверхневого прогріву в традиційних термокамерах. Це дозволяє уникнути утворення термонапружень і тріщин при швидкому нагріві.

Найкращі результати отримано при тривалості опромінення 6–9 хв. В цих умовах забезпечується рівномірне структурування всієї товщі форми (до 70 мм), без перегріву чи локального обвуглення смоли.

Механічні властивості:

1. Межа міцності на стиск (після затвердіння):
 - традиційна сушка: 2,8 МПа;
 - мікрохвильова обробка (900 Вт, 6 хв): 3,5 МПа (+25%).
2. Час повного затвердіння:
 - традиційна сушка: 100–120 хв;
 - мікрохвильова обробка: 9 хв.
3. Енергоспоживання знижене на ~90% у порівнянні з термокамерами.

Геометрична точність:

Оскільки заморожені моделі зберігають стабільну форму під час виготовлення форми, а опромінення не викликає деформації суміші, точність готової форми покращилася на 15–20% порівняно з аналогами за традиційною технологією. Максимальне відхилення розмірів — до 0,3 мм.

Особливості технології:

Не рекомендується перевищувати потужність понад 900 Вт або тривалість понад 9 хв: спостерігалось обвуглення смоли, зменшення міцності, відшарування.

Позитивним є відсутність необхідності у витяганні моделі — після опромінення вона просто розморожується, випаровується, а кварцовий пісок висипається, залишаючи точну форму.

Висновки

1. Мікрохвильове випромінювання забезпечує ефективне, рівномірне та контрольоване структурування плакованого піску.

2. Оптимальні режими: 900 Вт, 6–9 хв – забезпечують високу міцність, однорідність і точність форм.
3. Час виготовлення форм скорочується до 10 хвилин, на 90% зменшується енергоспоживання.
4. Застосування технології у виробництві можливе без масштабних змін обладнання та з використанням стандартних СВЧ-компонентів.
5. Метод дозволяє уникати значних шкідливих викидів та токсичних каталізаторів.
6. Подальші дослідження мають бути спрямовані на дослідження впливу типу смол, адгезійних добавок та мікроструктурних модифікаторів.

Бібліографічний список

1. Спосіб виготовлення ливарних форм за одноразовими замороженими моделями: Пат. 125146 Україна: МПК В22С 9/04, 9/02, 7/02. № а 201910047; заявл. 27.09.2019; опубл. 19.01.2022, Бюл. № 3. 6 с.
2. Солоненко Л.І., Реп'ях С.І. Структурування плакованого кварцового піску паро-мікрохвильовим затвердінням. XIII Міжнародна науково-технічна конференція Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2021: матеріали науково-технічної конференції, 28...29 квітня 2021 р., м. Київ. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. С. 168-169.
3. Солоненко Л.І., Реп'ях С.І., Усенко Р.В., Кириченко Р.Д. Виготовлення ливарних форм паро-мікрохвильовим затвердінням по заморожених піщано-водяних моделях. Литво. Металургія. 2021: Матеріали XVII Міжнародної науковопрактичної конференції (18-20 вересня 2021 р., м. Запоріжжя). Запоріжжя, Тандем, 2021. С. 190-192.
4. Солоненко Л.І. Деякі особливості процесу структурування піщанорідкоскляної суміші у паро-мікрохвильовому середовищі. Процеси лиття. 2022. №1. С. 57-66. <https://doi.org/10.15407/plit2022.01.057>
5. Берлизева Т.В. Влияние фурфурилоксипропилциклокарбонатов (ФОПЦК) с различными добавками на свойства холоднотвердеющих смесей на жидком стекле/ Т.В. Берлизева, О.И. Пономаренко, А.М. Каратеев, Д.А. Литвинов // Компрессорное и энергетическое оборудование – 2013 – 3 (33) – С. 26-29

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