

**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

<b>ПЕРЕДМОВА</b>	14
<b>СЕКЦІЯ 1. СУЧАСНА ЕЛЕКТРОМЕТАЛУРГІЯ: ПРОБЛЕМИ ТА РІШЕННЯ</b>	15
ПРОДУВАННЯ ВАННИ КОНВЕРТЕРА ПРИ РАФІНУВАННІ ФЕРОНІКЕЛЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОДНОСОПЛОВИХ ТА ТРИСОПЛОВИХ ФУРМ Акреєв 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

## ПРОБЛЕМАТИКА ПЛАВКИ НІКЕЛЕВИХ РУД І ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

Приходько С. В. ННІ ДМетІ УДУНТ, Дніпро, Україна, <https://orcid.org/0009-0005-0013-2198>, [svprima@gmail.com](mailto:svprima@gmail.com)

Акреєв В. В. ННІ ДМетІ УДУНТ, Дніпро, Україна, <https://orcid.org/0009-0009-3705-4129>, [akreev@gmail.com](mailto:akreev@gmail.com)

Мельник С. О. ННІ ДМетІ УДУНТ, Дніпро, Україна, <https://orcid.org/0009-0009-3964-312X>, [samelnik2016@gmail.com](mailto:samelnik2016@gmail.com)

Овчарук А. М. ННІ ДМетІ УДУНТ, Дніпро, Україна, <https://orcid.org/0009-0007-0218-2513>, [tehnosplavy.dnepr@gmail.com](mailto:tehnosplavy.dnepr@gmail.com)

**Анотація.** Сприятливі фізико-механічні характеристики нікелю призвели до його широкого застосування в різних продуктах близько двох мільйонів тон на рік. Нікель є найважливішим легуючим елементом в аустенітній нержавіючій сталі та інших спеціальних сплавах. Різке збільшення виробництва таких сплавів протягом останніх десятиліть значно збільшився попит на феронікель.

Щоб задовольнити збільшення промислового попиту, необхідні нові та ефективніші шляхи для вилучення нікелю з бідних і складніших руд за умов виснаження запасів багатих нікелевих руд. У цьому документі узагальнено досвід роботи в галузі освоєння та експлуатації технології електроплавки феронікелю та викладено досягнуті показники рудотермічної печі потужність 40 МВА та особливості процесу технології низького відновлення заліза та вибір раціонального відновника процесу.

**Ключові слова:** латерити, плавка феронікелю, рудотермічна піч, проблеми виплавки, технологія низького відновлення заліза, відновник

## PROBLEMS OF NICKEL ORE SMELTING AND SELECTION OF THE OPTIMAL PROCESS

Prykhodko S. V. Dnipro Metallurgical Institute of USUST, Dnipro, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0005-0013-2198>, [svprima@gmail.com](mailto:svprima@gmail.com)

Akreiev V. V. Dnipro Metallurgical Institute of USUST, Dnipro, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0009-3705-4129>, [akreev@gmail.com](mailto:akreev@gmail.com)

Melnyk S. O. Dnipro Metallurgical Institute of USUST, Dnipro, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0009-3964-312X>, [samelnik2016@gmail.com](mailto:samelnik2016@gmail.com)

Ovcharuk A. M. Dnipro Metallurgical Institute of USUST, Dnipro, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0007-0218-2513>, [tehnosplavy.dnepr@gmail.com](mailto:tehnosplavy.dnepr@gmail.com)

**Abstract.** The favorable physical and mechanical characteristics of nickel have led to widespread use in various products, about two million tons per year. Nickel is the most important alloying element in austenitic stainless steel and other special alloys. The dramatic increase in the production of these alloys over the past decade has significantly increased the demand of ferronickel. In order to meet increased industrial demand, new and more efficient ways of nickel production from poor and more complex ores are needed in conditions of depletion of reserves of rich nickel ores. This document summarizes the experience in the field of development and operation of ferronickel electric smelting technology, sets out performance of ore-smelting furnace with a capacity of 40 MWA and the features of the process of low iron reduction technology, selection of the optimal process reducing agent.

**Key words:** laterites, ferronickel smelting, ore-thermal furnace, smelting problems, low iron reduction technology, reducing agent.

Нікеленосні латеритні відкладення утворюються в результаті вивітрювання основних гірських порід, які є складними сумішами феро-магнієвих мінералів, таких як олівін  $(\text{Fe,Mg})_2[\text{SiO}_4]$ , піроксен  $(\text{Mg,Fe})_2\text{Si}_2\text{O}_6$  та амфібол  $(\text{Mg,Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$  [1]. Промисловий інтерес латеритів складають три види мінералів: лимоніт, сапроліт, перехідні мінерали.

Науковий підхід зумовлює доцільним виконати переробку лимонітів вибуговуванням, а сапролітів – пірометалургійними методами [2]. Однак скорочення сапролітових покладів змушує звертатися до переробки лимонітів і перехідних мінералів пірометалургійними методами. Крім того, підвищений попит на нікель призводить до того, що в переробку залучаються руди з небажаними проблематичними у пірометалургійній переробці показниками кислотності (S/M), високим вмістом гетиту, що збільшує співвідношення Fe/Ni. Ці руди створюють практичні проблеми при експлуатації печей, таких, наприклад, як:

- наявність великої кількості вільного кремнезему та гетиту обмежують температуру випалу огарка, для запобігання його спіканню в трубчастій печі, і як наслідок, збільшує питомі витрати електроенергії при плавленні шихти в електропечі;

- збільшення кислотності S/M призводить до наявності проблем, пов'язаних з електричними режимами роботи печей, а також кипіння (спінювання) розплаву шлаку, і як наслідок, призводить до аварійності самоспінних електродів.

Основним обмежуючим фактором є те, що не всі потенційні руди можуть (або повинні) бути переплавлені в довільні сорти феронікелю. При цьому феронікелеві заводи потрапляють у дві групи, що відрізняються ступенем відновлення заліза із руди:

- низьке відновлення, яке відновлює від 15% до 30% заліза з руди;
- високе відновлення, яке відновлює від 45% до 65% заліза з руди. У тому числі виробники нікелевого чавуну. Забезпечують рівень відновлення заліза в діапазоні від 70% до 80%.

Таким чином, кожен процес повинен починатися з визначення його раціонального ступеня відновлення заліза і відповідно сорту феронікелю [3]. Це визначення вимагає наступних кроків.

Визначення раціонального сорту феронікелю. Очевидно те, що виробництво феронікелю з нижчим вмістом нікелю призводить до нижчої втрати нікелю в шлаковій фазі з двох причин: через низький вміст нікелю в шлаку і менших обсягах власне шлаку. При цьому більш високе відновлення вимагає більше відновника і більше витрат енергії на тонну проплавленого недогарка. Відповідно, виробництво феронікелю з нижчим вмістом нікелю, як правило, призводить до зниження обсягів переробки руди, оскільки потужності більшості плавильних печей обмежені.

Таким чином, для будь-якої заданої руди та плавильної печі існує максимальний рівень виробництва нікелю, де зростання ступеня відновлення врівноважується зниженням обсягів проплаву руди.

На рис. 1 наведені ці кореляції в залежності від ступеня відновлення заліза для руди з вмістом 1,6% Ni, 16% Fe, та 2,2 S/M. Різка зміна нахилу кривої маси шлаку на рівні близько 45% відновлення заліза відбувається через окиснення кремнію при виробництві феронікелю.

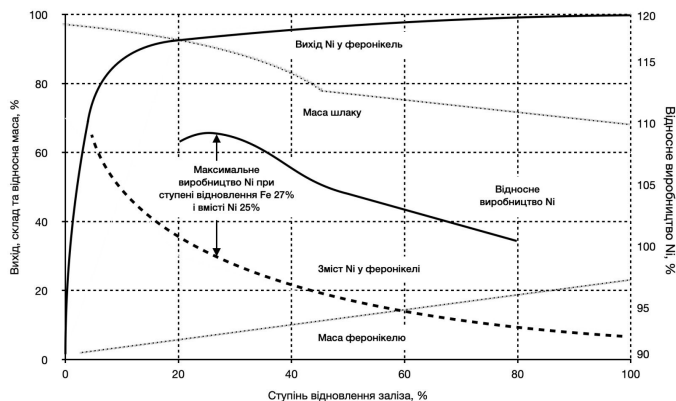


Рис.1. Залежність складу нікелю, виходу, виробництва феронікелю та шлаку від ступеня відновлення Fe [3]

Оцінка металургійної доцільності цього раціонального сорту. Цей крок включає оцінку безлічі робочих параметрів, такі як ліквідус температури металеві і шлакових фаз, необхідний перегрів феронікелю і шлаку, робочі температури, потенційна стабільність роботи, ймовірність окиснення кремнію і вуглецю, кипіння розплаву і таке інше.

Вибір складу феронікелю є компромісом між раціональним для даної руди (плавильної печі) та ймовірною стабільністю та довговічністю роботи за такого ступеня відновлення. Таким чином, цей вибір не може бути довільним на основі ідеї щодо затребуваності певного сорту феронікелю.

Початковий період роботи рудотермічної печі відповідав усталеній технології високого відновлення заліза з додаванням до рудної суміші флюсів у вигляді вапняку та відновника антрацитової групи [4]. Збільшення частини лимонітів в перероблюваних рудах призводило до стабільної зміни сорту феронікелю, зменшуючи частку нікелю в феронікелі і роблячи процес більш економічно недоцільним.

На рис. 2 відображена залежність зміни сорту феронікелю зі зниженням вмісту в ньому нікелю з 20% до 10% при збільшенні переробки лимонітів з більш високим вмістом заліза та нижчим вмістом нікелю.

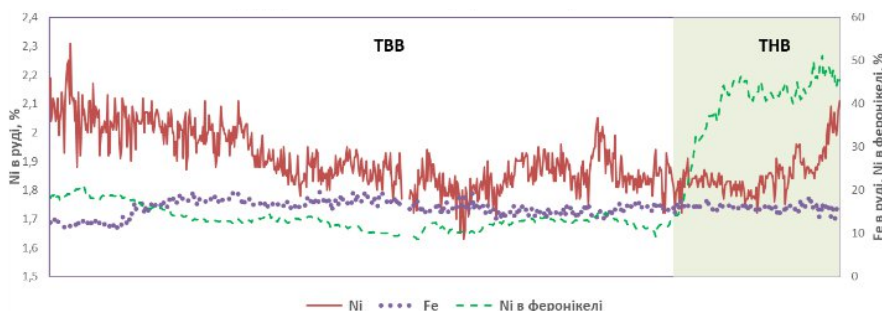


Рис. 2. Зміна сорту феронікелю за зміни ступеня відновлення заліза

Проблематика підтримки стабільності технологічного процесу, погіршення сорту феронікелю та зниження економічної ефективності виробництва зумовили пошук шляхів

переведення печі з технології високого відновлення на технологію низького відновлення заліза.

Неможливість подальшого збільшення потужності рудотермічної печі на величину більше 25 МВт через критичну температуру металу, що могло вкрай негативно позначитися на стабільності конструкцій печі, включаючи вогнетривку футеровку, подальше технологічне управління рудотермічною піччю було можливим за технологією низького відновлення. Для чого виконано зміну типу відновника, що використовується, з антрацитової марки вугілля на енергетичні, приблизного наступного складу: зола – 10,8%; леткі – 34,5%; сірка – 0,5%, та контролем фракційного складу.

Період окиснення вуглецю характеризувався активним спінюванням шлакової ванни і відповідними повними зупинками рудотермічної печі для осадження шлаку, що спінився. Температура металу за період знижено з 1500 °С до 1470 °С (рис. 3).



Рис. 3. Зміна сорту феронікелю під час переходу з технології високого відновлення заліза на технологію низького відновлення

Період повного окиснення кремнію та вуглецю з феронікелю обґрунтував твердження про можливе протікання позапічної десульфуратії без наявності кремнію в металі та повного припинення процесу позапічної десульфуратії при зниженні вмісту вуглецю менше 2%. До кінця цього періоду окиснення вуглецю температура чорного феронікелю стабілізована на показнику 1430 °С, шлаку – до 1580 °С.

Наступний період виходу в робочий режим роботи рудотермічної печі був пов'язаний зі стабілізацією шлакового режиму (рис. 4) та вирішенням практичних завдань:

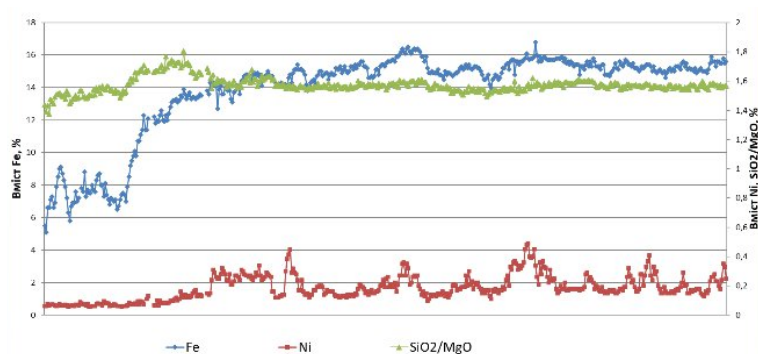


Рис. 4. Зміна складу шлаку зі зниженням ступеня відновлення заліза

1) *визначення раціональної питомої витрати електроенергії.* При цьому спостерігається природна залежність зниження питомої витрати електроенергії зі збільшенням потужності (рис. 5, а), а також стабільна залежність зниження питомої витрати

електроенергії зі збільшенням вмісту заліза (лимонітів) у руді, що переробляється (рис. 5, б). Таким чином, перехід на технологію низького відновлення заліза є не тільки технологічно раціональним, а й економічно доцільним, знижуючи витрати основної економічної складової – електроенергії.

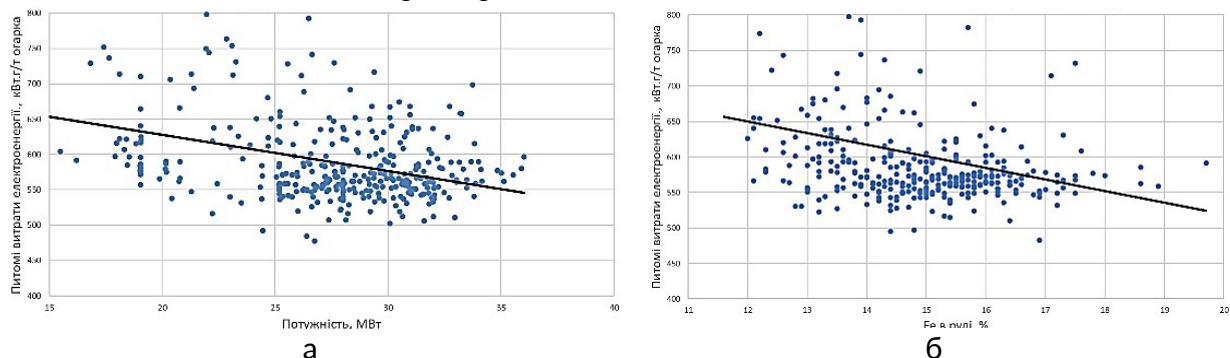


Рис. 5. Залежність питомої витрати електроенергії від: а) потужності рудотермічної печі; б) вмісту заліза у руді

2) *робота на електричних режимах, що забезпечують раціональну температуру чорнового феронікелю та електронічного шлаку (рис. 6).*

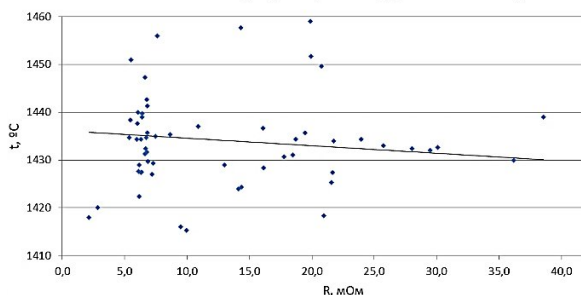


Рис. 6. Залежність температури чорнового феронікелю від опору

3) *зниження рівня шлаку, що спінився, в печі, що збільшується при вмісті вуглецю в огарку більше 1% і знижується при падінні вуглецю в недогарку менше 1%.*

Вміст залишкового вуглецю в огарку при постійному дозуванні відновника залежить від активності відновника (рис. 7, а) та його фракційного складу, часу знаходження матеріалу у ТОП та температурного профілю ТОП. Переважно використання «молодого» вугілля з високим вмістом летких та фракційним складом - 6 мм > 95% (рис. 7, б) [5].

Досягнуті показники роботи рудотермічної печі на ТНВ [4]: потужність печі – 37МВт; відновлення заліза – до 15%; питома витрата електроенергії- 583 кВт/т огарка; питома витрата відновника – 36,6 кг/т; вихід огарка з руди – 91,0%, вміст нікелю в чорновому феронікелі – 45%; вміст вуглецю в чорновому феронікелі – до 0,02%; вміст кремнію у чорновому феронікелі – 0,01%.

З урахуванням роботи двох рудотермічних печей, одна з яких працює з високим ступенем відновлення заліза, інша – з низьким ступенем відновлення заліза, досягнуто потенціалу виробництва можливого повного спектру сортів феронікелю з вмістом нікелю в товарному феронікелі від 18 % до 70 %.

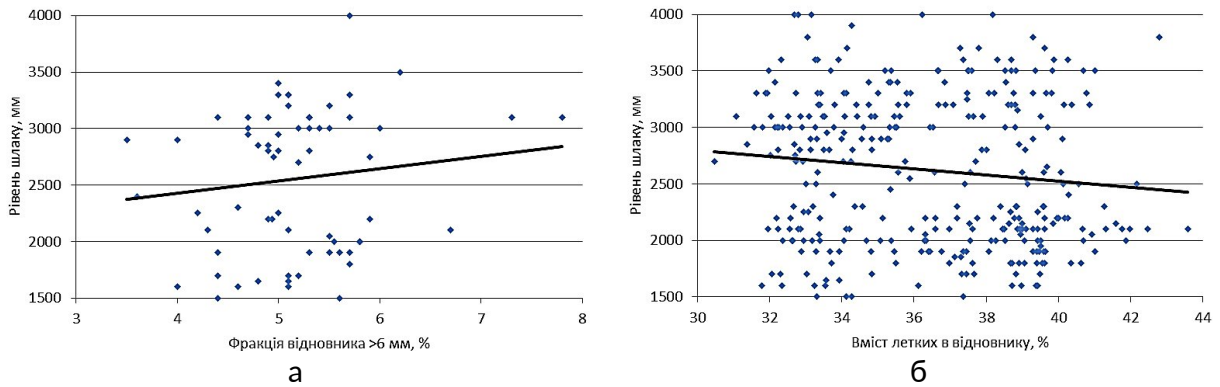


Рис. 7. Залежність спінювання шлакової ванни від: а) фракції відновника; б) вмісту летких відновника

### Бібліографічний список

1. Frank K. Crundwell, Michael S. Moats, William G. Davenport. Extractive Metallurgy of Nickel, Cobalt and Platinum Group Metals. Elsevier Ltd. 610 s. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63541-8>
2. Solar M.Y., Candy Ian, Wasmund B. Selection of optimum ferronickel grade for smelting nickel laterites. *IM Bulletin*. 2008. Vol. 101(1107). P. 1-8. Режим доступу: [\(PDF\) Selection of optimum ferronickel grade for smelting nickel laterites](#)
3. Maurice Y. Solar, Sina Mostaghel. Smelting of difficult laterite ores. *Mineral Processing and Extractive: Metallurgy IMM Transactions. section C*. 2015. Vol. 124(1). P. 35-46. DOI: [10.1179/1743285514Y.0000000075](https://doi.org/10.1179/1743285514Y.0000000075)
4. Технологічна інструкція електроплавка огарка у руднотермічних печах № ПФК-УВ-ТІ-14-0002 від 18.02.2022.
5. Приходько С.В., Солоха В.К. Звіт з переходу на технологію низького відновлення заліза в РТП-1 на Побузькому феронікелевому комбінаті, 2015 р.

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