

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

ДНПРО

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'янка І.В., Жаданос О.В., Агєєв О.Г.	46
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЛАВЛЕННЯ ВУГЛЕЦЬКАРБІДОКРЕМНІСВИХ БРИКЕТІВ В СТАЛЬ-КОВІШІ ПРИ ПОЗАПІЧНІЙ ОБРОБЦІ СТАЛІ Жаданос О.В., Дерев'янка 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 Shcherbachhev 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

ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗА З ОКСИДІВ НІКЕЛЕВОЇ РУДИ В ТРУБЧАСТІЙ ОБЕРТОВІЙ ПЕЧІ З ВИКОРИСТАННЯМ В ЯКОСТІ ВІДНОВНИКІВ ВУГІЛЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ГРУП

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

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

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

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

Анотація. Вивчення процесів твердофазного відновлення заліза з оксидів з використанням в якості відновника вугілля антрацитових та енергетичних груп. Визначення залежності співвідношення відновників, що використовуються для відновлення металів у руднотермічній печі. В результаті виділення летких компонентів у процесі нагрівання вугілля двох марок за температур 300-1050 °С, визначені оптимальні співвідношення вугілля, що забезпечують попереднє відновлення заліза з нікелевмісної сировини. Оптимальні співвідношення вугілля марок ДГ і АС (75%/25%) при температурі 850-950 °С, що призводить до зниження витрати енергоресурсів за рахунок горіння летких з вугілля, а також зниження витрати електроенергії під час плавлення огарку в руднотермічній печі.

Ключові слова: нікелева руда, огарок, ступінь металізації, газове вугілля, трубчаста обертальна піч.

RECOVERY OF IRON FROM NICKEL ORE OXIDES IN A TUBULAR ROTARY KILN USING ENERGY GROUP COALS AS REDUCING AGENTS

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

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

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

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

Abstract. The study of the processes of solid-phase reduction of iron from oxides using anthracite and energy groups of coal as a reducing agent. Determination of the dependence of the ratio of reducing agents used for the reduction of metals in an ore-thermal furnace. As a result of the release of volatile components during the heating of two coal grades at temperatures of 300-1050 °C, the optimal coal ratios were determined to ensure the preliminary reduction of iron from nickel-containing raw materials. Additionally, as a result of studying of the process of iron recovery from nickel ore, the optimal ratios of energy coal and anthracite coal grades (75%/25%) at a temperature of 850-950 °C were determined, which leads to reduce consumption of energy

consumption to the combustion of volatiles from coal, as well as reducing energy consumption of calcine melting process in an ore-smelting furnace.

Key words: nickel ore, calcine, level of metallization, gas coal, rotary tubular kiln.

Метою дослідження є визначення ступеня твердофазного відновлення заліза з оксидів нікелевої руди в трубчастій обертовій печі з використанням вугілля енергетичних груп в якості відновника.

В якості відновника при отриманні металу із оксидів нікелевої руди використовують вугілля антрацитових та енергетичних груп. З метою вивчення ступеню твердофазного відновлення заліза в трубчастій обертовій печі, використовували вугілля ДГ та АС. Вугілля ДГ має високий вміст вуглецю (до 60 %), що дозволяє йому виступати в якості відновника, забезпечуючи процес твердофазного відновлення заліза з оксидів нікелевої руди [1].

Дослідження проводилися на ТОП-1 в умовах діючого виробництва ТОВ "Побужський феронікелевий комбінат". Основні характеристики ТОП-1: довжина 70 м, радіус 4,5 м, кут нахилу 3° [2].

Дослідження з визначення оптимального співвідношення вугілля марки ДГ та АС у складі відновників проведено за такими етапами (табл. 1):

Таблиця 1. Етапи проведення експерименту

№ етапу	Співвідношення вугілля ДГ:АС у шихті, %	Вміст відновника в шихті, %
1	0:100	4
2	25:75	4
3	50:50	5
4	75:25	5
5	100:0	5

У період проведення досліджень на кожному етапі відібрано проби руди та огарку для виконання хімічного аналізу з визначенням Fe_2O_3 , FeO , $\text{Fe}_{\text{заг}}$, $\text{Fe}_{\text{мет}}$ та вологи. Хімічний склад вугілля (табл.2) виконаний перед початком проведення досліджень і залишався постійним протягом усього періоду випробувань [3].

Таблиця 2. Хімічний склад вугілля, мас. %

Марка	C	Летючі	Зола	S	Зола, %				
					CaO	$\text{Fe}_{\text{заг}}$	SiO_2	MgO	P
АС	86,3	5,3	7,4	0,85	2	9,5	51	1,8	0,031
ДГ	66,2	25,0	12,1	0,65	7,2	9	47	2,2	0,033

Для вугілля марки ДГ характерний підвищений вміст летких 25 мас. %. Горіння летких речовин забезпечує необхідні умови для твердофазного відновлення в процесі обпалу. За цих умов основна частина тривалентного оксиду заліза відновлюється до двовалентного. Спостерігається також деяке відновлення оксиду заліза до металу [4].

В табл. 3 представлено середній хімічний склад огарку, отриманого в період проведення досліджень.

Таблиця 3. Середній хімічний склад огарку, мас. %

№ етапи	Співвідношення вугілля ДГ до АС	Fe _{заг}	Fe _{мет}	FeO	Fe ₂ O ₃
1	0	12,14	0,18	6,78	9,24
2	25	12,63	0,24	8,75	7,98
3	50	13,36	0,32	10,74	6,69
4	75	13,73	0,35	11,23	6,55
5	100	13,6	0,45	11,48	5,98

Як впливає з таблиці 3, відсотковий вміст FeO в огарку з використанням вугілля марки ДГ порівняно із завантаженням без добавки вугілля марки ДГ до складу відновників (етап 1) збільшився в:

- Етап 2 вміст ДГ - 25 % у складі відновника в 1,29 разів;
- Етап 3 вміст ДГ - 50 % у складі відновника в 1,58 разів;
- Етап 4 вміст ДГ - 75 % у складі відновника в 1,66 разів;
- Етап 5 вміст ДГ - 100 % у складі відновника в 1,70 разів.

Як показано на рис. 1, зі збільшенням відсоткового вмісту вугілля марки ДГ у відновнику відношення Fe⁽⁺²⁾/Fe_(заг) підвищується і відповідно відношення Fe⁽⁺³⁾/Fe_(заг) знижується, що характерно для протікання процесів твердофазного відновлення [3].

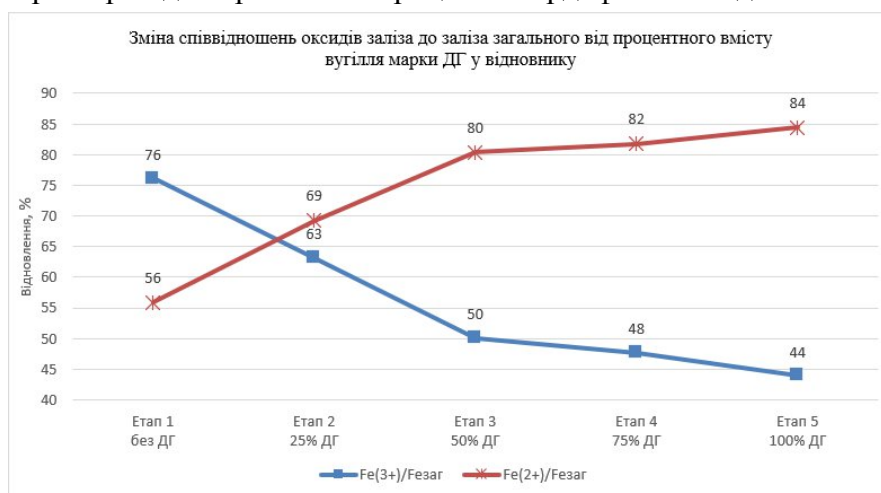


Рис. 1. Зміна співвідношень оксидів заліза до заліза загального від відсоткового вмісту вугілля марки ДГ у відновнику

Основними характеристиками процесу твердофазного відновлення оксидів заліза є ступінь відновлення і ступінь металізації. Для визначення цих характеристик було виконано розрахунок матеріальних балансів за вмістом заліза [5].

Ступінь відновлення і ступінь металізації отриманого огарку за етапами представлені в таблиці 4.

Ступінь відновлення огарку при завантаженні вугілля марки ДГ 100% зросла в 1,65 разів, ступінь металізації відповідно в 2,22 рази порівняно із завантаженням без добавки вугілля марки ДГ до складу відновника [3].

На процеси твердофазного відновлення крім хімічного складу вихідної сировини

великий вплив чинить гранулометричний склад і температурний режим процесу. Активніше процес твердофазного відновлення протікає в дрібній фракції руди [3].

Таблиця 4. Ступінь відновлення і ступінь металізації отриманого огарку, мас. %

№ етапу	Ступінь відновлення	Ступінь металізації
1	16,47	1,50
2	19,27	1,86
3	21,08	2,37
4	23,19	2,57
5	27,17	3,33

За результатами опрацювання даних роботи ТОП-1 виконано розрахунок питомих норм витрат матеріалів, що завантажуються, одержуваного огарку, природного газу. Питомі норми витрат за етапами представлені в таблиці 5.

Таблиця 5. Питомі норми витрат, т/т сухої руди

Шихтові матеріали	етап 1 (ДГ - 0 %)	етап 2 (ДГ 25 %)	етап 3 (ДГ - 50 %)	етап 4 (ДГ - 75 %)	етап 5 (ДГ - 100 %)
Огарок	0,902	0,825	0,889	0,927	0,935
Вапняк	0,057	0,007	0,048	0,053	0,052
Відновник у т.ч.:	0,052	0,057	0,063	0,063	0,064
АШ	0,041	0,034	0,014	0,016	
АС	0,010	0,009	0,017		
ДГ		0,014	0,031	0,047	0,064
Витрата природного газу, м ³	86,500	84,314	83,092	82,150	81,208
Витрата природного газу середня за період досліджень, м ³ /т сухої руди		83,090			

Зменшення питомої витрати природного газу відбувається за рахунок збільшення частки вугілля марки ДГ у складі відновника. Питома витрата природного газу без використання вугілля марки ДГ за даними комбінату становить 86,5 м³/т сухої руди. Середня питома витрата природного газу за період досліджень з використанням вугілля марки ДГ склала 83,090 м³/т сухої руди. Економія природного газу за рахунок використання вугілля марки ДГ у складі відновника становить 3,41 м³/т сухої руди [3].

Отриманий у ТОП-1 огарок прямував для подальшого перероблення в РТП-1. Завантаження огарку в РТП-1 здійснювалося як з ТОП-1, так і з ТОП-2 у співвідношенні 1:1.

Для перевірки окиснюваності заліза в огарку, що надходив з ТОП-1 на переробку в РТП-1 відібрано 2 паралельні проби під час вивантаження огарку з ТОП-1 і з кубеля подачі огарку в РТП. Результати аналізу представлені в таблиці 6.

З таблиці 6 можна побачити, що окислення заліза металевого та оксидів заліза було незначним. У процесі роботи РТП-1 здійснювався контроль за такими технологічними показниками: питома витрата електроенергії; хімічний склад металу.

Таблиця 6. Хімічний склад огарку, мас. %

Місце відбору проби	Fe _{заг}	Fe _{мет}	FeO	Fe ₂ O ₃
Огарок при вивантаженні з ТОП-1	15,00	0,37	14,20	5,10
Огарок із кубеля	15,00	0,24	13,80	6,10

Аналіз хімічного складу чорного нікелю показав, що при переробці огарку з використанням в якості відновника при завантаженні в шихту 100 % вугілля марки ДГ, зменшився вміст Si з 5 % до 2,8 %, що призвело до зростання температури металу вище норми, тому найдоцільнішою є переробка огарку з вмістом у складі відновника 75 % вугілля марки ДГ (етап 4).

Економія питомої витрати електроенергії на 1 т огарку за рахунок попереднього твердофазного відновлення становить 5 кВт/т огарку [3].

Висновки

1. Використання вугілля марки ДГ у складі відновника при обпалюванні нікелевої руди з отриманням огарку позитивно впливає на процес твердофазного відновлення. Найефективнішим для подальшого плавлення огарку в РТП є завантаження шихтових матеріалів з відновником, що містить 75 % вугілля марки ДГ і 25 % вугілля марки антрацитових груп (АС).

2. Економія природного газу за рахунок використання вугілля марки ДГ у складі відновника становить 3,41 м³/т сухої руди або ~4%.

3. Економія питомої витрати електроенергії на 1 т огарку за рахунок попереднього твердофазного відновлення становить 5 кВт/т огарку або ~1%.

4. Для уточнення отриманих даних щодо економії питомої витрати природного газу на ТОП-1 і питомої витрати електроенергії на РТП-1 необхідний більш тривалий період досліджень. Економія питомої витрати електроенергії на РТП-1 може бути визначена за 100 % завантаження попередньо відновленого огарку. Для забезпечення цих умов необхідна одночасна робота ТОП-1 і ТОП-2 з отриманням попередньо відновленого огарку.

Бібліографічний список

1. 76 Best Books on Metallurgy. Режим доступу: [76 Best Books on Metallurgy - Sanfoundry](#)
2. Ганусовський Д. Технологічна інструкція підготовка шихтових матеріалів та обпалення шихти в обпалювальному цеху ТОВ «ПФК» Код: ПФК-СВ-ТІ-13-0001.
3. Хазнаферов М.В., Сушинський А.Д., Поплавський Ю.В., Рябчикова Н.Ф. Звіт ДП "Державний науково-дослідний та проектний інститут титану". ІТ-13-1/1. 2013 р.

4. Овчарук А.М. та ін. Звіт з науково-дослідної роботи «Складання енергетичного балансу рудотермічних печей РТП-1 та РТП-2 при виробництві феронікелю в умовах ТОВ «ПФК». Дніпро, 2018.
5. Щитов А.Є., Галімов М.Д., Окунєв О.І. Твердофазне відновлення висококремнистої руди з виділенням металізованого продукту. Дифузія, сорбція і фазові перетворення в процесах відновлення металів: зб. наук. пр. М.: Наука, 1981.

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