

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

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕС ТВЕРДОФАЗНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДІВ ЗАЛІЗА ГАЗАМИ

Скрипченко Р.Д. Дніпровський металургійний інститут Українського університету науки та технологій, м. Дніпро, Україна, vizvoxer@gmail.com

Анотація. У роботі досліджено вплив зовнішніх електромагнітних полів різної частоти на процеси газового відновлення залізородних матеріалів. Експериментально встановлено, що як змінні магнітні поля промислової частоти (50 Гц), так і високочастотні електромагнітні поля (25–40 кГц) мають інтенсифікуючий ефект на швидкість відновлення оксидів заліза воднем. Найбільше прискорення процесу спостерігалося при температурах 573–773 К, де швидкість відновлення збільшувалася у 1,5–2 рази. Високочастотне поле не лише змінювало кінетику відновлення, але й викликало додатковий локальний розігрів шихти. Отримані результати свідчать про перспективність застосування електромагнітних впливів для інтенсифікації процесів твердофазного відновлення у металургії.

EXPERIMENTAL STUDY OF THE EFFECT OF AN ELECTROMAGNETIC FIELD ON THE PROCESS OF SOLID-PHASE REDUCTION OF IRON OXIDES BY GASES

Skrypchenko R.D., Dnipro Metallurgical Institute of the Ukrainian University of Science and Technology, Dnipro, Ukraine, vizvoxer@gmail.com

Abstract. The paper investigates the effect of external electromagnetic fields of different frequencies on the processes of gas reduction of iron ore materials. It has been experimentally established that both alternating magnetic fields of industrial frequency (50 Hz) and high-frequency electromagnetic fields (25-40 kHz) have an intensifying effect on the rate of reduction of iron oxides by hydrogen. The greatest acceleration of the process was observed at temperatures of 573-773 K, where the reduction rate increased by 1.5-2 times. The high-frequency field not only changed the reduction kinetics but also caused additional local heating of the charge. The results obtained indicate the prospects of using electromagnetic effects to intensify the processes of solid-phase reduction in metallurgy.

Вступ. Одним з найважливіших завдань, що стоять перед металургійною галуззю на сучасному етапі, є скорочення мінеральних та енергетичних витрат, а також включення до технологічного процесу різних техногенних матеріалів. Найбільш ефективним способом вирішення цього завдання є подальша розробка фізико-хімічних основ та технологічних аспектів твердофазного відновлення рудних матеріалів. Частка металів, отриманих з даної технології, у світі постійно підвищується [1]. Однак, незважаючи на істотні переваги, технологічні схеми твердофазного відновлення, що існують, мають вагомий недолік - низька продуктивність. В даний час розроблені та успішно застосовуються різні методи інтенсифікації процесів відновлення: фізичний, хіміко-каталітичний та енергетичний вплив на реагуючу систему. Спільним для даних методів інтенсифікації є вплив на дифузійну та кристало-хімічну ланки процесу відновлення. Але залишається недостатньо дослідженим інтенсифікація процесів відновлення оксидів металів за участю різних видів енергетичного впливу.

Різні зовнішні енергетичні (фізичні) впливи, як можливі регулятори перебігу фізико-хімічних процесів, давно привертають увагу дослідників. Завдяки численным роботам найбільш значних успіхів у цій галузі досягнуто шляхом застосування електромагнітних і корпускулярних випромінювань [2–7].

Високочастотні електромагнітні впливи (видиме світло, γ -промені та ін.) викликають появу в кристалах над рівноважних вільних електронів та електронних дірок (можливо через проміжний екситонний стан) [7, 8]. Частина вільних носіїв заряду може локалізуватися на структурних дефектах кристалічних ґрат. Все це призводить до зміни хемосорбційних та каталітичних властивостей поверхні напівпровідників [2, 3, 7, 8].

Є відомості що до впливу на широке коло процесів зовнішніх електричних полів [3, 4, 9]. Накладення їх на напівпровідникові матеріали, змінюючи поверхневу концентрацію вільних зарядів, зумовлює електро-адсорбційний ефект, що дозволяє регулювати донорно-акцепторну хемосорбцію газів. Впливаючи на положення рівня Фермі, зовнішні електричні поля створюють електро-каталітичний ефект, впливають на швидкість хімічних реакцій [3]. У сильних полях напівпровідники збагачуються додатковими носіями заряду (головним чином внаслідок термоелектронної та ударної іонізації), що також відбивається на поверхневих властивостях та реакційної здатності твердого тіла.

Методика. Відновлення залізородних зразків здійснювалося у потоці газів, на лабораторній установці. Для створення електромагнітних впливів вона була додатково забезпечена водо охолоджуваним індуктором, розташованим коаксіально з реактором і нагрівальним елементом.

У разі генерації низькочастотних магнітних полів індуктор був багатовитковим соленоїдом з мідного дроту. Живлення його здійснювалося від електромережі через автотрансформатор, що дозволяло змінювати напруженість поля H . Для регулювання частоти останнього ($f < 50$ Гц) використовували мультівібратор. В дослідах з постійним магнітним полем соленоїд жилили через випрямляч.

Для створення електромагнітних впливів підвищених частот ($f = 50$ кГц) служив індуктор, виконаний з мідної водоохолоджувальної трубки. Живлення його та регулювання параметрів поля здійснювали за допомогою генератора потужності УЗГ 5-1,6 і генератора, що задає ГЗ-33. Потужність, що підводиться до індуктора, встановлювалася і підтримувалася по індикатору з межами шкали від 0 до 100 відносних одиниць (W). Напруга (U) вимірювали ламповим вольтметром.

У дослідженнях були використані різні залізородні матеріали: хімічно чисті оксиди заліза та промислові концентрати. Відновленню піддавалися: Fe_2O_3 кваліфікації ЧДА, кристалічний (великістю частинок 0,5 – 2 мм); залізні руди в шматочках і зернах різної крупності - лисаковская ($Fe_{\text{общ}} = 41,6 - 43,7 \%$), криворізький гематит ($Fe_{\text{общ}} = 54,7 \%$), магнетит ($Fe_{\text{общ}} = 56,7 \%$), багата мартитова руда; сирі та піддані окислювальному випалу при 1523 К; офлюсований агломерат основністю 1,1 та 1,33 з вмістом кисню 22,5 та 22,2 % відповідно.

Результати та їх обговорення. На першому етапі роботи було вивчено вплив змінних магнітних полів промислової частоти ($f = 50$ Гц) на швидкість відновлення

кристалічного оксиду заліза (III) воднем. Дослідженнями встановлено інтенсифікуючий ефект зовнішніх впливів, що зростає із збільшенням W_{H_2} (Рисунок 1).

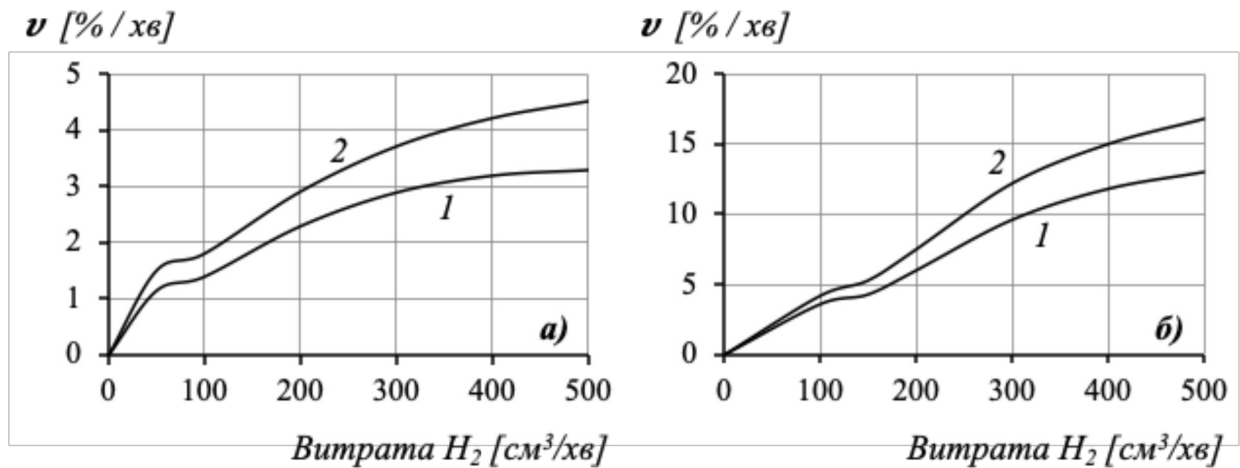


Рисунок 1. Вплив змінного поля на відновлення Fe_2O_3 воднем при температурі 773 К (а) та 973 К (б): 1 – поза полем, 2 – у полі $H=24$ кА/м

Варіації температури в інтервалі 773-1073 К показали, що накладення магнітного поля найбільше прискорює процес при 873-973 К. Характер кінетичних кривих зберігається однотипним (Рисунок 2а). До 973 К відновлення розвивалося східчасто; перевищення зазначеної температури призводило до зональної течії процесу. У дослідях при температурі 773 К відзначалася поява метастабільного вюститу. Подібні закономірності мали місце у дослідях із порошковими матеріалами – хімічно чистими Fe_2O_3 та Fe_3O_4 . Магнітне поле промислової частоти помітно форсувало видалення кисню практично протягом усього процесу (Рисунок 2б).

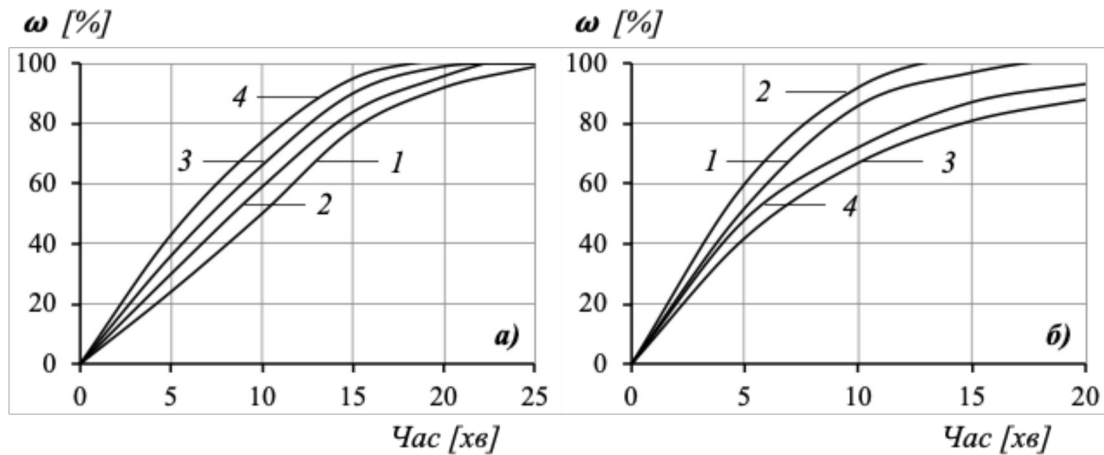


Рисунок 2. Кінетика відновлення оксидів заліза воднем за умов ЕМП промислової частоти: а) – Fe_2O_3 ; 1,2-873 К, 3,4-973 К, 1,3-поза полем, 2,4- у полі; б) – 973 К, порошок; 1,2- Fe_2O_3 , 3,4- Fe_3O_4 ; 1,3- поза полем, 2,4-у полі.

Вплив змінного магнітного поля на тривалість повного відновлення гематиту $\tau_{\omega=100}$ у температурному інтервалі 773-1073 К ілюструється у

Таблиця 4.

Таблиця 4. Час повного відновлення кристалічного Fe₂O₃ воднем у звичайних умовах та при накладенні змінного магнітного поля (H = 24 кА/м)

T, К		773	873	973	1073
$\tau_{w=100}$	поза полем	34,5	26	21,7	17,2
	у полі	32	22,5	17,7	16

Наступним етапом роботи було вивчення впливу електромагнітного поля підвищених частот на кінетику газового відновлення залізорудних матеріалів. Проведені дослідження виявили значні можливості інтенсифікації процесу цим методом.

Відновлення хімічно чистого Fe₂O₃ воднем (витратою 300 см³/хв) показало, що накладання ЕМП (f = 25 кГц, U = 80 В, H~5 кА/м) сильно форсує видалення кисню шихти в області низьких температур: 573-673 К. Так ω , що досягалася за 20 хв при 673 К, зростала від ~ 40 до 70%, тобто. більше, ніж у 1,7 рази, а за перші 10 хв експерименту – у 1,6 рази. Підвищення температури знижувало інтенсифікуючий ефект: при температурі 873 К збільшувалася від 52 до ~65% або в 1,25 рази (Рисунок 3).

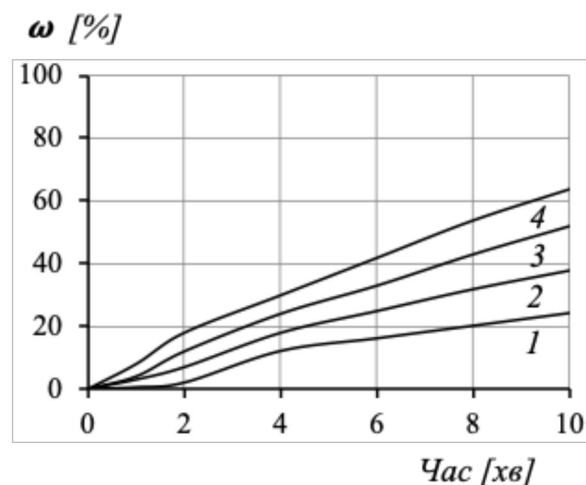


Рисунок 3. Вплив високочастотного електромагнітного поля (f = 25 кГц, W = 30, H~5 кА/м) на кінетику відновлення Fe₂O₃ воднем (W_{H2} = 300 см³/хв): 1,2-673 К; 3,4-873 К; 1,3-поза полем; 2,4 -під впливом поля, режим II.

Накладення низькочастотних магнітних полів (f ≤ 50 Гц) не викликало розігріву шихти. Термопара, що вводилася всередину порошкових навішування Fe₂O₃, Fe₃O₄ і Fe, не зафіксувала зміни температури. До аналогічних результатів привели виміри в ході відновлення зернистої лисаківської руди H₂ при температурі 873 К.

Інша картина мала місце за умов електромагнітних впливів підвищених частот. Термопара, розташована під зразком, показувала зростання його температури за сталості потужності, що споживається нагрівальним елементом. Цей додатковий розігрів шихти зменшувався із підвищенням температури відновлення. Перевірка показала, однак, що інтенсифікація процесу, що спостерігається, не може бути зведена до одного розігріву (кількісні співвідношення розглядаються далі).

Висновки:

1. Встановлено інтенсифікуючий вплив слабких електромагнітних полів частотою $0,5-5 \cdot 10^4$ Гц при відновленні заліза газами – H_2 , CO та їх сумішами.
2. Високочастотні електромагнітні поля найбільш сильно форсували відновлення заліза в області температур 573-773 К. Зі збільшенням частоти (до 35-40 кГц) та напруженості ефективність їх накладання зростала.
3. У зазначеній температурній області електромагнітні дії ($f = 25-40$ кГц; $H = 3,5-5$ кА/м) збільшували швидкість відновлення хімічно чистих оксидів заліза та лисаківської руди воднем у 1,5-2 рази.

Бібліографічний список

1. World Steel in Figures 2024. Brussels, Belgium: World Steel Association, 2024.
2. Thomas J. M., Thomas W. J. Principles and Practice of Heterogeneous Catalysis. Wiley, 2015. 768 с. ISBN 978-3-527-31458-4.
3. Волькштейн Ф.Ф. Физико-химия поверхности полупроводников. М.:Наука, 1973. 399 с.
4. Lannoo M., Bourgoin J. Point Defects in Semiconductors I. Springer Berlin Heidelberg, 1981. 265 с. ISBN 978-3-642-81576-8.
5. Ubic R. Crystallography and Crystal Chemistry. Springer Cham, 2024. 442 с. ISBN 978-3-031-49751-3.
6. Stiegler J.O., Mansur L.K. Radiation Effects in Structural Materials. *Annual Review of Materials Research*. 1979. Вип. 9. С. 405–454.
7. Zhao C., Hirota K., Taguchi M., Takigami M., Kojima T. Radiolytic degradation of octachlorodibenzo-p-dioxin and octachlorodibenzofuran in organic solvents and treatment of dioxin-containing liquid wastes. *Radiation Physics and Chemistry*. 2007. Вип. 76, № 1. С. 37–45.
8. Chen Z., Huang C., Zhou T., Hu J. Strike a balance between adsorption and catalysis capabilities in Bi_2Se_3-xOx composites for high-efficiency antibiotics remediation. *Chemical Engineering Journal*. 2020. Вип. 382, № 122877.
9. Panjak, Chauhan M. Effect of ultrasound on the redox reactions of iron (II) and (III). *Indian Journal of Chemistry Section a*. 2004. Вип. 43. С. 2098–2101.

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