

МЕТАЛУРГІЯ

УДК 669.162.12

DOI <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2024-2-7>

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ DRI ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОМПОЗИТНИХ ОКАТИШІВ ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА

Нізяєв Костянтин Георгійович,

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри металургії чавуну і сталі
Український державний університет науки і технологій
ORCID ID: 0000-0002-9260-0964

Бойко Максим Миколайович,

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри металургії, матеріалознавства та організації виробництва
ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка»
ORCID ID: 0000-0003-3557-9027

Ковальов Дмитро Юрійович,

аспірант кафедри металургії чавуну і сталі
Український державний університет науки і технологій
ORCID ID: 0009-0009-4130-1612

Синегін Євген Володимирович,

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри металургії, матеріалознавства та організації виробництва
ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка»
ORCID ID: 0000-0002-9983-3971

Журавльова Світлана Валеріївна,

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри металургії чавуну і сталі
Український державний університет науки і технологій
ORCID ID: 0000-0002-8519-5155

У статті розглянуті можливі напрями утилізації залізовмісних відходів металургійних виробництв. Наразі утилізація залізовмісних і вуглецевмісних відходів металургійного виробництва є дуже складною й актуальною проблемою для більшості металургійних підприємств. Встановлено, що основними проблемами на шляху утилізації металовмісних відходів є підвищений вміст вологи у шламах, що призводить до труднощів під час спікання агломерату і зниження продуктивності агломераційної стрічки за частки шламу в суміші відходів на рівні 60–70%, а також зниження вмісту заліза в агломераті, яке неминує впливає на втрати продуктивності та підвищення витрати коксового еквівалента доменного цеху. В умовах поступового переходу на нові технологічні схеми виробництва сталі, з метою більш економічної й екологічно чистої роботи підприємств, у яких частково або цілком не буде агломераційного, а в перспективі доменного та коксохімічного виробництв.

Установлено, що, окрім агломераційного виробництва, перспективним може бути виготовлення з даних матеріалів продуктів прямого відновлення заліза, як-от високоміцні, низькометалізовані окатиші для доменного виробництва і високометалізовані окатиші для сталеплавильного виробництва з відносно невисокою міцністю. Установлено, у виробництві низькометалізованих окатишів для доменного процесу гематитова зв'язка руйнується під час відновлення та

частково замінюється металевою зв'язкою. Для підвищення властивостей міцності окатишів можна використовувати бентоніт у підвищеній кількості, 4–5% від маси шихти, підвищення температури спікання, підвищення часу спікання.

Визначено, що однією із проблем утилізації залізозмісних відходів є підвищений вміст вологи в них. Тому перед спіканням металізованих окатишів вміст вологи має бути на мінімально можливому рівні, для досягнення хоча б 90% придатного, вміст вологи в окатишах перед спіканням має бути не більше 2%.

Ключові слова: DRI окатиші, відходи металургійних підприємств, окалина, шлами.

Niziaiev Kostiantyn, Boiko Maksym, Kovalov Dmytro, Synehin Yevhen, Zhuravlova Svitlana.
Application of the DRI technology for production of composite pellets in the utilization of metallurgical production waste

The article considers possible ways of utilization of iron-containing waste of metallurgical industries. Currently, the disposal of iron-containing and carbon-containing wastes of metallurgical production is a very difficult and urgent problem for most metallurgical enterprises. It was established that the main problems in the way of disposal of metal-containing waste are the increased moisture content in the slag, which leads to difficulties in sintering the agglomerate and a decrease in the productivity of the sintering belt when the proportion of slag in the waste mixture is 60–70%, as well as a decrease in the iron content in the agglomerate, which inevitably affects the loss of productivity and the increase in the cost of coke equivalent of the blast furnace. In the conditions of a gradual transition to new technological schemes of steel production, with the aim of more economical and environmentally friendly operation of enterprises, in which there will be partially or completely no agglomeration, and in the future no blast furnace and no coke chemical production.

It has been determined that, in addition to sintering production, the production of direct iron reduction products from these materials, such as high-strength, low-metallized pellets for blast furnace production and highly metallized pellets for steelmaking production with relatively low strength, can be promising. It was determined that during the production of low-metallized pellets for the blast furnace process, the hematite bond is destroyed during reduction and is partially replaced by a metal bond. In order to enhance the strength properties of the pellet, it is possible to implement a number of measures, including the incorporation of bentonite in an increased amount of 4–5% of the mass of the charge, the elevation of the sintering temperature and the prolongation of the sintering time.

One of the key issues in the disposal of iron-containing waste is the increased moisture content in the waste. Consequently, prior to the sintering of the metallized pellet, the moisture content should be at the lowest possible level. In order to achieve a yield of greater than 90%, the moisture content of the pellet prior to sintering should be no greater than 2%.

Key words: DRI pellets, waste of metallurgical enterprises, slag, sludge.

Натепер утилізація залізозмісних і вуглецевісних відходів металургійного виробництва є дуже гострою й актуальною проблемою для більшості металургійних підприємств. В умовах поступового переходу на нові технологічні схеми виробництва сталі з метою більш економічної й екологічно чистої роботи підприємств, у яких частково чи цілком не буде агломераційного, а в перспективі й доменного та коксохімічного виробництв.

Наприклад, у 2022 р. було ухвалено рішення про закриття агломераційного цеху металургійного виробництва ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» з екологічних міркувань, який був своєрідним утилізатором усіх відходів комбінату. Отже, усі відходи металургійного виробництва довелося утилізувати в агломераційному цеху № 2, який призначався саме для роботи на залізозмісному концентраті ГЗК і агломераційній руді шахтоуправління, а залізозмісні шлами й інші відходи утилізувалися в ньому на оптимально можливому рівні, до 50–80 кг/т агломерату, без втрати якості агломерату та зниження техніко-економічних показників.

Потім потребувалось збільшити витрати відходів в АЦ № 2 (до 200–300 кг/т агломерату), що вище встановленого за звичайною

технологічною схемою і що суттєво вплинуло на якість агломерату та показники роботи цехів, у результаті планка на рівні витрати відходів 100–150 кг/т агломерату, особливо в осінньо-зимовий період роботи агломераційного цеху, долається дуже важко. Основними проблемами на шляху утилізації відходів є: 1) підвищений вміст вологи у шламах, що призводить до труднощів під час спікання агломерату та зниження продуктивності агломераційної стрічки за частки шламів у суміші відходів на рівні 60–70%; 2) зниження вмісту заліза в агломераті, яке неминуче впливає на втрати продуктивності та підвищення витрати коксового еквівалента доменного цеху.

Отже, необхідно продумати інші технологічні схеми для утилізації таких відходів, як: шлам залізозмісний металургійного виробництва (агломераційний, доменний і сталеплавильний), колошниковий пил доменних печей, агломераційний пил електрофільтрів, сталеплавильний збагачений шлак, первинна та промаслена окалини, з урахуванням їхніх якісних показників.

Одним із можливих напрямів, окрім агломераційного виробництва, є підготовка з даних

матеріалів продуктів прямого відновлення заліза, яке можна підрозділити ще на два під-напрями: 1) високоміцний, напівметалізований окатиш для доменного виробництва; 2) високометалізований окатиш для сталеплавильного виробництва з відносно невисокою міцністю.

За варіантом 1 ефект полягатиме у збільшенні металізації шихти в ДП, а кожні 10% її збільшення приведуть до зниження витрати коксу на 7 кг/т, що приводить до зниження викидів CO_2 [1].

Розглянемо перший варіант: за цим варіантом ефект полягатиме у збільшенні металізації шихти в ДП, а кожні 10% її збільшення приведуть до зниження витрати коксу на 7 кг/т, що сприятиме зниженню викидів CO_2 .

Узагалі металізована відновлена сировина не має високої міцності, властивої окисленим окатишам, тому що гематитова зв'язка заміщена частково металевою зв'язкою, що різко знижує показник міцності, починаючи з 8–10% ступеня відновлення [2] (див. рис. 1).

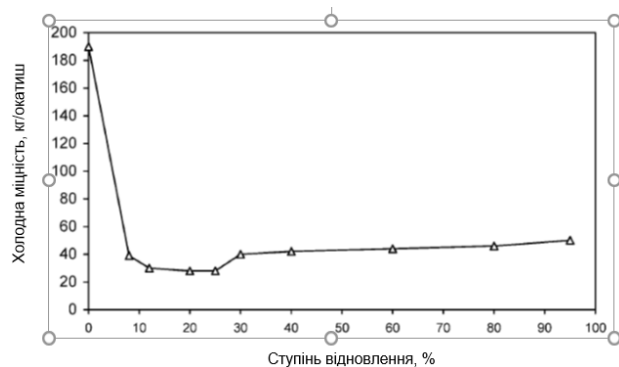


Рис. 1. Залежність міцності окатишів від ступеня відновлення

Гематитова зв'язка руйнується під час відновлення та частково замінюється металевою зв'язкою. Для підвищення властивостей міцності окатишів можливі такі заходи (рис. 2):

- використання бентоніту в підвищеній кількості, 4–5% від маси шихти (рис. 2-а);
- підвищення температури відновлення (рис. 2-б);
- збільшення часу спікання (рис. 2-в).

Однією із проблем утилізації шламів буде підвищений вміст у них вологи.

На наведених нижче фото (рис. 3) [3] показана поведінка шламовмісних окатишів за температури 1 173 К (верхній рядок) і температури 1 373 К (нижній рядок). Руйнування окатишів настає внаслідок швидкого випаровування вологи і збільшення тиску пари всередині окатишів за температури 1 373 К.

На діаграмі [3] нижче представлено вплив зниження виходу придатного DRI окатишу зі збільшенням вмісту вологи в шихті.

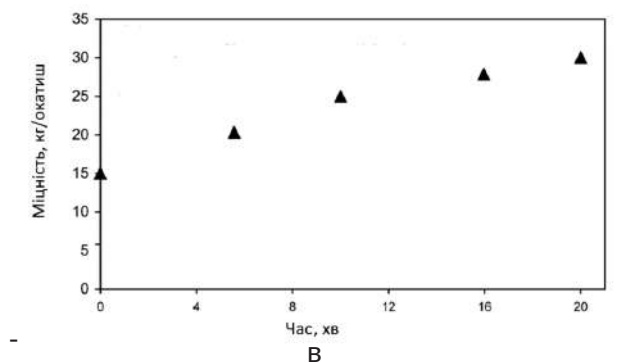
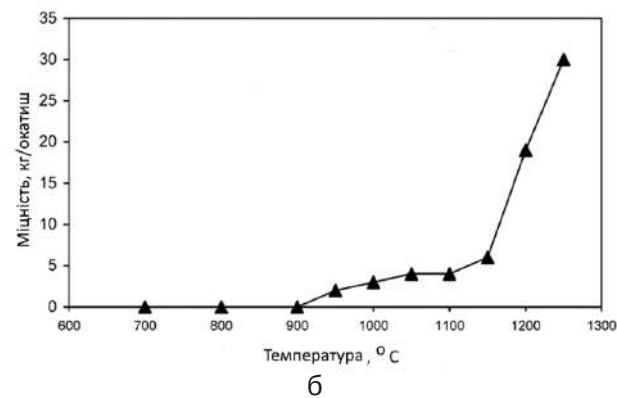
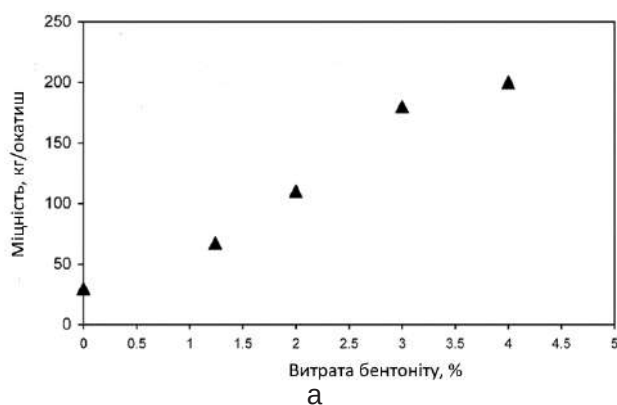


Рис. 2. Залежність міцності на холодне роздавлювання від кількості бентоніту (а), температури відновлення (б) та тривалості спікання (в)

Отже, можна провести паралель із негативним досвідом спікання шламовмісної шихти в агломераційній технології, де наявний аналогічний температурний рівень в умовах використання твердого палива, і дійти висновку, що перед спіканням металізованих окатишів уміст вологи має бути на мінімально можливому рівні, щоб досягти хоча б 90% придатного, уміст вологи в сирих окатишах має бути не більше 2%. Підігрів сирих окатишів перед відновлюванням у такому разі здається більш раціональним, оскільки в агломерації майже не застосовується обернене тепло процесу спікання, процес також менш раціональний з погляду теплового балансу.

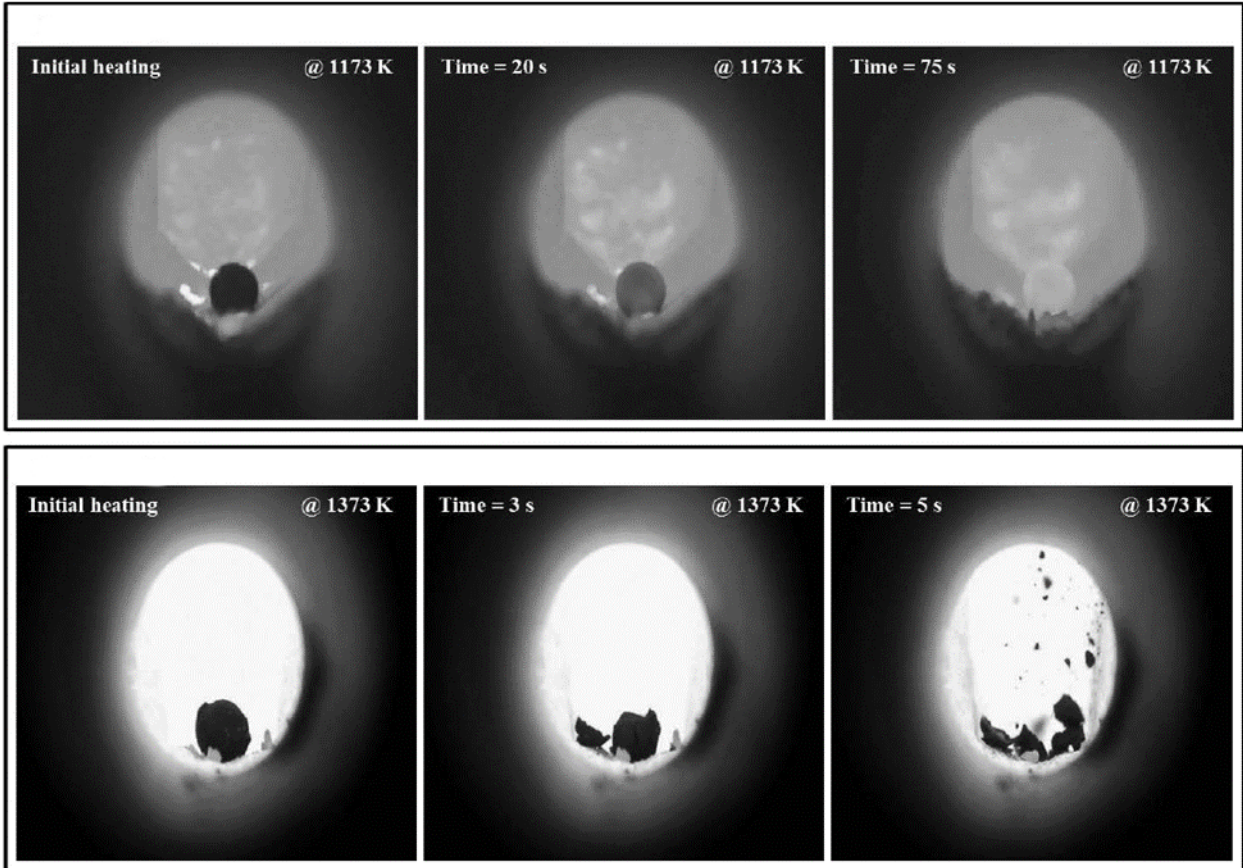


Рис. 3. Цифрове зображення незруйнованого (верхній рядок) і зруйнованого окатишів унаслідок швидкого нагріву (нижній рядок)

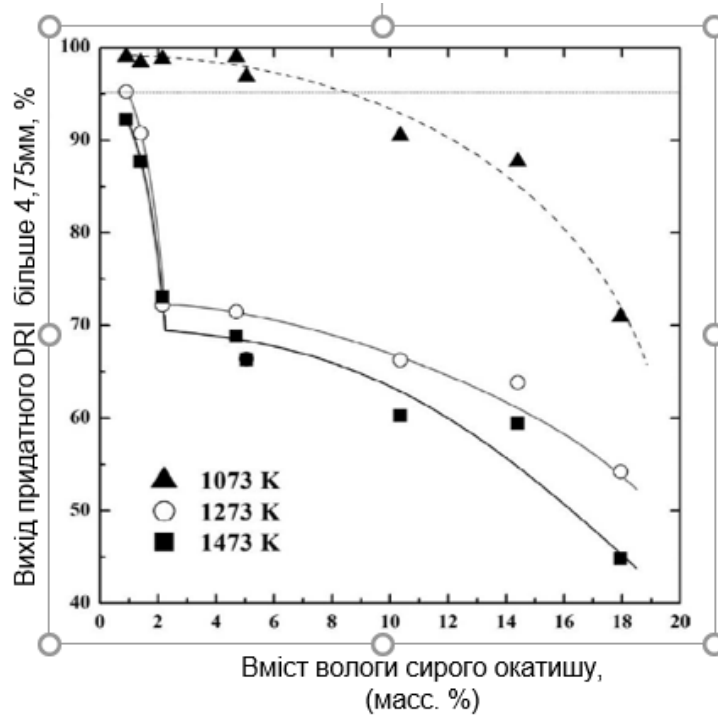


Рис. 4. Вплив вмісту води в сирому окатиші та температури на феномен його розриву

ЛІТЕРАТУРА:

1. Adapting to Raw Materials Challenges: Part 1 : Operating MIDREX Plants With Lower Grade Pellets & Lump Ores, John Linklater, General Manager – Midrex Technologies Gulf Services FZCO.
2. Gupta R.C., Gautam J. P. The Effect of Additives and Reductants on the Strength of Reduced Iron Ore Pellet. *ISIJ International*. 2003. Vol. 43. № 12. P. 1913–1918.
3. Recycled Iron Bearing Wastes for Lower Carbon in the Blast Furnace / Sung Hoon Chung et al. *ISIJ International*. 2015. Vol. 55. № 6. P. 1157–1164.

REFERENCES:

1. Adapting to Raw Materials Challenges: Part 1 – Operating MIDREX Plants With Lower Grade Pellets & Lump Ores, John Linklater, General Manager – Midrex Technologies Gulf Services FZCO.
2. Gupta, R.C., and Gautam, J.P. (2003). The Effect of Additives and Reductants on the Strength of Reduced Iron Ore Pellet. *ISIJ International*, Vol. 43, № 12, pp. 1913–1918.
3. Sung Hoon Chung, Ki Hyun Kim and Il Sohndri (2015). Recycled Iron Bearing Wastes for Lower Carbon in the Blast Furnace. *ISIJ International*, Vol. 55, № 6, pp. 1157–1164.