

С.Г. САВЕЛЬЄВ, д-р техн. наук, проф.; Т.П. ЯРОШ, канд. техн. наук, доц.;
О.В. БАБАЄВСЬКА, ст. викладач; Д.С. БУГАЄНКО, студентка
Криворізький національний університет

РОЗВИТОК ПРОМИСЛОВИХ СПОСОБІВ МЕТАЛІЗАЦІЇ ЗАЛІЗОРУДНОЇ СИРОВИНИ

Металургія заліза завжди посідала провідне місце серед галузей важкої промисловості та була фундаментом економічного розвитку держав. Традиційна двостадійна схема виробництва сталі протягом століть забезпечувала стабільну переробку рудної сировини, високі обсяги та належну якість готової продукції. Однак сучасні виклики – глобальна декарбонізація, здороження енергоресурсів та жорсткі екологічні вимоги – змусили фахівців шукати інші перспективні підходи. У цих умовах металізація залізорудної сировини, яку часто безпідставно називають прямим відновленням заліза [1], виступила альтернативним напрямом розвитку галузі, що поєднав енергоефективність, екологічну безпеку та технологічну гнучкість виробництва.

На відміну від покриттєвої металізації, металізація як стадія металургійного переділу полягає у позадоменному (безкоксовому) відновленні оксидів заліза до металеві форми. Основними продуктами технологій металізації, залежно від температурного режиму та виду готового продукту, є губчасте та гарячебрикетоване залізо (твердофазна металізація за температури до 1100 °C) і рідкий метал (рідкофазна металізація за 1450–1650 °C) [2, с. 6]. Ці технології дозволяють суттєво знизити енергоспоживання та викиди CO₂, а також забезпечують стабільний хімічний склад сталі, що робить їх економічно привабливими та екологічно безпечними.

Сучасний стан розвитку процесів металізації характеризується домінуванням технологій твердофазного відновлення. Лідируючі позиції посідають процеси в шахтних та трубчастих печах із використанням газоподібних (CO, H₂) чи твердих (вугілля) відновників. Зокрема, у глобальному виробництві металізованої сировини 2023 року, яке склало 135,7 млн т, частка шахтних технологій MIDREX і HYL/Energiron становила відповідно 55,8 % і 12,2 %, а технологій на базі трубчастих обертових печей – 29,6 % [3, р. 3].

Технології MIDREX характеризуються використанням вертикальної шахтної печі з високою продуктивністю та стабільністю процесу. Натомість технологія HYL/Energiron відрізняється відсутністю зовнішнього реформера для конверсії природного газу та роботою під підвищеним тиском. Це забезпечує ширший діапазон складу газу та дозволяє точніше контролювати технологічні параметри.

Процеси рідкофазної металізації поки що не отримали масштабної промислової реалізації. Проте, на думку професора А.К. Тараканова, саме вони в перспективі стануть єдиною реальною альтернативою коксо-аглодоменній технології виробництва чавуну. Теоретично обґрунтовані понад 100 років тому, ці технології тривалий час не знаходили ефективного втілення через дві основні перешкоди: інтенсивне спінювання шлаку та складність підведення теплоти до шлакової ванни. Вперше реальність та ефективність рідкофазного процесу, який згодом отримав назву ROMELT, практично доведено в 1985 році. Наразі в Пангпеті (штат Шан, М'янма) завершується будівництво заводу потужністю 200 тис. т/рік чавуну з використанням технології ROMELT.

Таким чином, розвиток промислових способів металізації залізорудної сировини є логічним і необхідним етапом еволюції металургійної галузі. Вони поєднують інноваційність, економічну доцільність і високу продуктивність, забезпечуючи стабільну якість сталі при мінімізації негативного впливу на довкілля. Впровадження таких технологій створює передумови для «зеленої» металургії, що відповідає викликам XXI століття, гарантує енергоефективність і сталий розвиток чорної металургії.

Список літератури

1. **HansBodoLüngen, Peter Schmöle.** History, developments and processes of direct reduction of iron ores / Presented at the 8th European Coke and Ironmaking Congress and the 9th International Conference on Science and Technology of Ironmaking in Bremen, Germany, 29 August to 2 September 2022.
2. **Губін Г.В., Півень В.О.** Сучасні промислові способи безкоксової металургії заліза. – Кривий Ріг: Криворізький технічний університет, ВАТ «Інгuleцький гірничо-збагачувальний комбінат». 2010. –336с.
3. 2023 World directreduction statistics/World Steel Dynamics/Englewood Cliffs, New Jersey, U.S.A. Sept, 2024 https://www.midrex.com/wp-content/uploads/MidrexSTATSBook2023.Final_.pdf