

О.В. БАБАЄВСЬКА, ст. викл.; С.Г. САВЕЛЬЄВ, д-р техн. наук, проф.;
Д.Ю. БАБОШКО, канд. техн. наук, доц.; Б.В. СОКОЛОВСЬКИЙ, студент
Криворізький національний університет

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ МІКРОХВИЛЬНОЇ СУШКИ ЗАЛІЗОРУДНИХ ОКАТИШІВ

Сучасний розвиток чорної металургії в умовах декарбонізації та підвищення вимог до енергоефективності виробництва обумовлює необхідність удосконалення технологічних стадій підготовки залізорудної сировини. Однією з найбільш енергоємних операцій у виробництві окатишів є сушка сирих гранул перед стадією термічного зміцнення. Традиційна конвективна сушка характеризується значною тривалістю процесу, наявністю температурних градієнтів між поверхнею та об'ємом окатиша, а також підвищеними питомими витратами теплової енергії. У зв'язку з цим актуальним науково-практичним завданням є пошук альтернативних способів теплопідведення, здатних інтенсифікувати процес видалення вологи та знизити енергоспоживання. Перспективним рішенням є використання мікрохвильового нагріву, який забезпечує об'ємне поглинання електромагнітної енергії матеріалом і прискорене випаровування вологи з внутрішніх шарів окатиша.

Метою роботи було експериментальне дослідження закономірностей мікрохвильової сушки залізорудних окатишів, кількісна оцінка її енергоефективності порівняно з конвективною сушкою та встановлення впливу типу резонаторної системи і режимних параметрів на інтенсивність процесу.

Об'єктом дослідження були сирі залізорудні окатиші з початковою масовою часткою вологи 8–10 %. Сушка здійснювалася в мікрохвильових установках з одномодовою та багатомодовою камерами при рівнях потужності 3–10 кВт та різних значеннях підведеної енергії. Для забезпечення коректності порівняння також проводилися випробування з використанням примусової конвективної сушки. З метою кількісної оцінки процесу запропоновано та застосовано інтегральні показники HOME (Heat Output Microwave Efficiency) та DOME (Drying Output Microwave Efficiency). Показник HOME характеризує частку підведеної електромагнітної енергії, що була ефективно поглинута зразком, тоді як DOME відображає ефективність використання цієї енергії безпосередньо на видалення вологи з розрахунку на одиницю енергоспоживання. Використання зазначених параметрів дозволило здійснити комплексний аналіз енергетичної та технологічної результативності процесу.

Експериментально встановлено, що оптимізація просторового положення зразка в одномодовій камері забезпечує зростання ефективності сушки більш ніж на 10 %, а значення HOME та DOME — відповідно понад 20 % і 0,17 %/кВт·год/т. За мікрохвильової сушки при потужності 3–5 кВт досягнуто ефективність до 56 %, значення HOME — до 93 %, а DOME — до 0,89 %/кВт·год/т, що суттєво перевищує показники конвективної сушки (30 %, 40 % і 0,52 %/кВт·год/т відповідно). Видалення 80–85 % вологи забезпечувалося менш ніж за 1–2 хв залежно від рівня потужності, тоді як у конвективній печі для досягнення аналогічного ступеня зневоднення необхідно близько 13 хв. Таким чином, мікрохвильова сушка дозволяє істотно скоротити тривалість процесу та зменшити питомі витрати енергії.

Порівняння одномодової та багатомодової камер показало, що одномодова система забезпечує вищу локальну інтенсивність нагріву та максимальні значення ефективності, однак характеризується нерівномірним розподілом температурного поля. Натомість багатомодова камера формує більш однорідний розподіл електромагнітної енергії, що сприяє стабільнішому видаленню вологи та зменшенню температурних градієнтів у тілі окатиша.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування мікрохвильової сушки на стадії підготовки залізорудних окатишів і свідчать про її значний потенціал щодо зниження енерговитрат та інтенсифікації технологічного процесу. Практична реалізація запропонованого підходу може сприяти підвищенню ресурсоефективності виробництва, зменшенню тривалості теплової обробки та формуванню передумов для подальшої інтеграції мікрохвильових технологій у процеси підготовки та термічного зміцнення окускованої залізорудної сировини.