

Винахід відноситься до підготовки сировини для металургійного виробництва і направлений на зниження енерговитрати викидів CO в агломераційному виробництві.

Відомий спосіб спікання металургійної шихти (а. с. 11522969 C22B1/16), що полягає в спіканні агломераційної шихти за рахунок тепла, що виділяється при спаленні твердого палива в струмені засмоктуваного в шар повітря, де з метою зниження витрати твердого палива на шар ліжка завантажують шар твердого палива, а зниження швидкості потоку газу здійснюється до першої критичної швидкості псевдозрідження.

Відомий спосіб спікання шихти характеризується великими витратами енергії на продування спікаемого шару з високою швидкістю газового потоку і неминучими при такій швидкості великими виносом пилю з шару.

Найближчим, по технічній сутності, і досягаемому результату є спосіб спікання шихти (а. с. 1164297 CPC C22B1/16), який включає двошарове укладання шихти із загальною висотою шару 360-450 мм, що містить палива у верхньому шарі на 0,5% більше, ніж в нижньому, що забезпечує зниження енерговитрат на проведення процесу.

В даному способі неможливо забезпечити повне згоряння твердого палива, внаслідок чого в навколишнє середовище викидається велика кількість CO, окрім цього, технічно складно реалізувати двошарове укладання шихти.

В основу винаходу покладена задача вдосконалення способу спікання агломераційної шихти, в якому за рахунок змін умов здійснення дій забезпечується повнота спалювання твердого палива шихти, що дозволить знизити його витрати і викиди CO в навколишнє середовище.

Для вирішення поставленої задачі в способі спікання агломераційної шихти, що складається з залізовмісних компонентів, флюсів і твердого палива, за рахунок тепла, що виділяється при спаленні твердого палива, що входить до її складу, в струмені засмоктуваного в шар повітря, відповідно до винаходу застосовують паливо з характерним гранулометричним складом 2-3,2 мм.

Запропоноване технічне рішення обґрунтовано топохімічним характером горіння палива. Виходячи з топохімічного характеру горіння палива можна показати, що при спалюванні шару дисперсного твердого палива шляхом продування його повітрям процес горіння протікає в трьох режимах: в конвективному - з утворенням чистого CO, перехідному - з утворенням CO і CO₂ і кінетичному з утворенням CO₂. Конвективний режим горіння палива має місце при розвинутій площі горіння, яку забезпечує високий ступінь подрібнення палива. В цьому режимі вихід CO не залежить від розміру частинок палива, а лімітується тільки швидкістю подачі окислювача в шар. При збільшенні розміру частинок палива реакційна поверхня зменшується і з'являється надлишок окислювача, який забезпечує догорання частини CO до CO₂. В цьому режимі кількість CO₂ в газі у міру зростання розміру частинок палива наростає практично за лінійним законом до деякої граничної величини, яка відповідає критичному розміру частинок палива, при яких весь кисень, що подається до шару, окислюється до CO₂. При кінетичному режимі горіння, у міру збільшення розміру частинок палива, в димовому газі разом з CO₂ з'являється надмірний кисень, зміст якого збільшується у міру зростання розміру частинок палива. В цьому режимі лімітуючою ланкою процесу горіння є швидкість просування фронту горіння углиб частинки палива, тобто швидкість топохімічної реакції.

Виходячи з такого характеру горіння палива для зменшення вмісту CO в агломераційних газах необхідно спалювати паливо на межі перехідного і кінетичного режиму. Для проведення агломераційного процесу чисто кінетичний режим спалювання не вигідний, оскільки в цьому випадку при одній і тій же масі спалюваного палива через нерозвинену реакційну поверхню зменшується потужність тепловиділення, а надлишок повітря, що надходить до шару, зменшує коефіцієнт використання палива і винесення пилю з шару.

Значення критичних розмірів частинок палива, при яких відбувається зміна режимів горіння палива залежить від технологічних параметрів спікання агломераційного шару: вміст палива в шихті (C%); швидкості фільтрації шару повітрям; ширини зони горіння в агломеруємому шарі (h), яка у свою чергу залежить від розміру спікаємих частинок і інших чинників і може бути знайдена по залежності вигляду:

$$h = 2,3410^{-4} C \% O \% \exp \left(\frac{10^{-6} \Delta P}{d_0} \right) \quad (1)$$

де d_0 - діаметр частинок палива агломераційної шихти; $O\%$ - вміст кисню в повітрі; ΔP - розрядження вакуум камери в мм вод.ст.

Швидкість фільтрації шара повітрям залежить від величини розрядження у вакуум камерах і може бути знайдена з виразу

$$w_\phi = \left(\frac{\Delta P}{A H} \right)^{1/n} \quad (2)$$

де H - висота спікаемого шару; A і n - коефіцієнти, величина яких залежить від розміру і форми частинок шихти.

Значення критичного діаметру частинок, при якому настає кінетичний режим горіння палива можна визначити з рівняння:

$$d_0 = \frac{5,65 C \% \rho_{\text{ш}} h k C O_2 H}{w_\phi O \% \rho_C (H + h)} \quad (3)$$

де $\rho_{\text{ш}}$ - ρ_C - відповідно насипна густина шихти і густина вуглецю; k - константа швидкості горіння твердого палива;

$$CO_2 = 0,135 \left(1 + \frac{1}{1 + \frac{1,33K}{w_\phi}} \right) \quad (4)$$

$$K = \frac{F_{\text{ш}} C_{\%k}}{100 d_{0PC}} \quad (5)$$

Тут

де F - площа спікаємого шару.

Дана система рівнянь може бути вирішена чисельними методами. На агломераційних фабриках країн СНД висота спікаємого шару шихти дорівнює 280-350мм, розрядження у вакуум камерах 800-1000мм, вміст твердого в спікаємому шарі дорівнює 3-5%. При даних параметрах розмір критичного діаметра частинок палива, при якому в

агломераційній шихті відбувається повне горіння вуглецю, згідно рівнянь (1-5), дорівнює $d_T = 2,8-3,2$ мм. За нижню межу крупності агломераційного палива можна прийняти розмір його частинок $d = 2$ мм, при якому забезпечується необхідна міцність агломерату [1]. У випадку зниження діаметра частинок нижче за цей розмір, при існуючих газодинамічних характеристиках агломераційних машин, неможливо буде забезпечити повноту згоряння палива. При збільшенні розміру частинок палива вище 3,2мм зменшиться міцність спікаємого приведе до збільшення викидів пилу на всіх етапах його розсівання і транспортування. Можна показати, що при фракційному складі

флюсів, відповідних технології проведення агломераційного процесу $d_F = 0-3$ мм, такий розмір палива забезпечує значне зниження викидів SO_2 із зони агломерації за рахунок встановлення матеріального балансу між процесом виділення окису сірки при горінні палива і поглинання його частинками вапна [2].

Прикладом конкретного виконання даного технічного рішення може служити застосування запропонованого технічного рішення на будь-якій агломераційній фабриці і, зокрема, на агломераційній фабриці «ММК Азовсталь». Тут питомі викиди CO досягають 67кг на тонну агломерату. Згідно технологічної інструкції проведення на даному комбінаті агломераційного процесу фракційний склад використовуваного тут палива рівний 0-3мм. Розрахунковим шляхом можна показати, що у разі відсіву з палива фракцій менше 2мм вихід CO скоротиться до 25кг/т агломерату. В той же час, в шихті будуть присутні фракції, що забезпечують необхідну міцність агломерату. Відсів фракцій потрібного гранулометричного складу може бути здійснений на спеціальних грохотах. Відсів після брикетування може використовуватися як технологічне паливо в доменних і сталеплавильних печах.

Питома витрата енергії при виробництві агломерату на «ММК Азовсталь» складає 2,04ГДж на тонну годного продукту. При допалюванні CO в агломераційному шарі економія енерговитрат на виробництво однієї тонни агломерату при питомій теплоті згоряння кілограма CO рівною 102МДж/кг складе

$$102,16(67-25)=429\text{МДж/т}$$

Отже, при впровадженні пропонованого технічного рішення витрата енергії скоротиться на 20% і складе 1,61ГДж/т, що відповідає міжнародним нормам на цей показник.

Економічний ефект від зниження викидів CO при виробництві агломерату складатиметься з різниці платежів за викиди і економії палива при його повному догорянні. Вартість викиду однієї тонни CO в навколишнє середовище складає 2 гривні.

Отже економічний ефект від зменшення розміру екологічних платежів складе

$$E_E = (67-25)/1000/2 = 0,084\text{гр/т}$$

При теплоті згоряння коксую 28МДж/кг і ціні палива рівній 90гр/т економічний ефект від економії палива буде дорівнювати

$$E_T = 429/28 \cdot 90 = 1,37\text{гр/т}$$

Звідки сумарний економічний ефект на рік при річній продуктивності 1,6млн. тонн складе

$$(1,37+0,084) \cdot 1,6 = 2,34\text{млн. гривень на рік.}$$

Література:

1. Теория и технология агломерации. Вегман Е.Ф. М. «Металлургия», 1974, 288с.
2. И.В. Буторина, П.С. Харлашин. Определение путей устойчивого развития металлургической отрасли методом математического моделирования. В сб. трудов семинара: «Пути решения экологических проблем горно-металлургической отрасли стран СНГ», Мариуполь, 2002, 176с.