

**О.Ю. Худяков¹, Ю.С. Семенов¹, С.В. Ващенко¹, К.В. Баюл¹, М.М. Бойко²,
В.В. Горупаха¹, Н.В. Полякова²**

¹Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова НАНУ (ІЧМ), Дніпро

²Дніпровський металургійний інститут Українського державного університету науки і технологій, Дніпро

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ ОДНОРІДНОСТІ АГЛОМЕРАЦІЙНОЇ ШИХТИ

Технологічність агломераційного процесу та якісні показники готового агломерату значною мірою залежать від рівномірності розподілу в об'ємі залізородного концентрату, який є основним шихтовим компонентом, таких матеріалів, як: паливо, флюси, руда, зворот. Адекватна ж оцінка ступеню однорідності шихти являється необхідною умовою ефективної організації процесу змішування аглошихти.

Найбільшою інформативністю характеризується оцінка однорідності, виконана на двох рівнях: в макро- та мікромасштабі. Мікронеоднорідність шихти описує рівномірність розподілу заданого показника (вологості, гранскладу) або компонента аглошихти (палива або флюсу) в об'ємі просторової елементарної комірки (10-30 см³), яка у мініатюрі відображає всю різноманітність фізико-хімічних властивостей шару, що спікається. Кількість разових проб, необхідних для розрахунку ступеню мікронеоднорідності складає $n = 15-25$ шт. Макронеоднорідність шихти дозволяє оцінити відмінності фізико-хімічних властивостей великих обсягів аглошихти масою в сотні кілограм. Для визначення ступеня макронеоднорідності необхідно на ділянці стрічки, довжина якої приблизно вміщує вміст змішувального барабана, відібрати разові проби аглошихти в кількості > 6 шт; після чого отримані проби слід скоротити методом квартування.

Основна складність полягає в коректній статистичній обробці експериментальних даних. Наразі найбільшу розповсюдженість має методика В.І.Коротича, яка використовує для початкової оцінки однорідності шихти показник середнього абсолютного відхилення компонента $\Delta C_{абс}$:

$$\Delta C_{абс} = \frac{\sum |c_i - c_{ср.арифм.}|}{n}, \quad (1)$$

А узагальнена оцінка ступеня однорідності виконується з використанням безрозмірного коефіцієнта однорідності шихти $K_{o.ш.}$, який є відношенням середнього мінімального вмісту компонента в суміші до середнього максимального:

$$K_{o.ш.} = \frac{C_{ср.арифм.} - \Delta C_{абс.}}{C_{ср.арифм.} + \Delta C_{абс.}} \quad (2)$$

Аналіз вищеописаної методики свідчить, що фактично для характеристики чисельного ряду (сукупності експериментальних даних) опосередковано використовується слабоінформативна величина, а саме його розмах R , який в даному випадку відображує різницю між максимальним та мінімальним значенням показника або вмісту компонента в шихтовій суміші. Також до недоліку методики слід віднести використання середнього абсолютного відхилення $\Delta C_{абс.}$ замість середнього квадратичного σ . Варто зазначити, що σ є квадратним коренем з дисперсії ознаки σ^2 , яка, в свою чергу, являється практично загальноприйнятою мірою варіації і дуже часто використовується у вигляді суми квадратів відхилень SS в статистичному аналізі.

Враховуючи вищесказане, для підвищення достовірності статистичної обробки експериментальних даних, пропонується оцінювати макро- та мікрооднорідність агломераційної шихти як сукупність наступних показників:

- 1) коефіцієнта осциляції V_R :

$$V_R = \frac{R}{C_{ср.арифм.}} \quad (3)$$

- 2) середньоквадратичного відхилення σ :

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{\sum (C_i - C_{ср.арифм.})^2}{n}} \quad (4)$$

- 3) коефіцієнту варіації V :

$$V = \frac{\sigma}{C_{ср.арифм.}} \quad (5)$$

- 4) середнього коефіцієнту однорідності $K_{ср.}$:

$$K_{ср.} = \frac{\sum |K_i - 1|}{n} \quad (6)$$

де K_i – коефіцієнт однорідності в разових пробах, вираховується за формулою:

$$K_i = \frac{C_i}{C_{ср.арифм.}} \quad (7)$$

де C_i - вміст компонента (значення показника) в разовій пробі.

Слід відмітити зручність інтерпретації наведених показників – за максимальної однорідності суміші кожен із них прагне до нуля. Нарешті, як засвідчив практичний досвід використання запропонованої методики, при порівняльному аналізі двох останніх показників (V та $K_{ср.}$), доцільно використовувати уніфіковану шкалу значень:

< 5% - ідеальна однорідність суміші;

- 5 - 10% - висока однорідність суміші;
- 10 - 15% - недостатньо висока однорідність суміші;
- 15 - 30% - задовільна однорідність суміші;
- > 30 % - незадовільний ступінь однорідності суміші.

Список літератури

1. Lele N., Jianliang Zh., Yaozu W. Iron Ore Granulation for Sinter Production: Developments, Progress, and Challenges. *ISIJ International*. 2023, Vol. 63 Issue 4 pp. 601-612. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2022-460>
2. Fernández-González, D., Ruiz-Bustanza, I., Mochón, J., González-Gasca, C., & Verdeja, L. F. Iron Ore Sintering: Raw Materials and Granulation. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. 2016, №38(1), pp. 36–46. <https://doi.org/10.1080/08827508.2016.1244059>
3. Congcong Y., Deqing Zh., Jian P., Liming L. Granulation Effectiveness of Iron Ore Sinter Feeds: Effect of Ore Properties. *ISIJ International*. 2018, Vol. 58 Issue 8 pp. 1427-1436. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2018-141>

УДК 669.184

А.Г. Чернятевич, Є.М. Сігарьов, А.А. Похвалітій, Д.С. Кондрашенков, О.А. Чубіна

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДІГРІВУ БРУХТУ В КОНВЕРТЕРІ

Сучасні завдання екологічнобезпечного розвитку металургії передбачають зниження енергоспоживання та CO₂-еквівалентних викидів, збільшення частки металобрухту в конвертерній плавці й мінімізацію утворення шкідливих викидів. Попередній підігрів брухту у киснево-конвертерному агрегаті уже довів свою ефективність у зменшенні споживання горючих матеріалів і газоутворення під час плавки.

Традиційне використання газового кускового вугілля спричиняє небезпечне спінювання шлаку через надмірне утворення CO/CO₂, порушує тепло- та масообмін у ванні та призводить до нерівномірного прогріву шихти. Упровадження пиловугільного