

УДК 621.74

Ніколаєв Д.А.¹, Дьомін Д. О.²

¹ аспірант, НТУ «ХП», Харків

² докт. техн. наук, професор, НТУ «ХП», Харків

**ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АУДИТ СЕРІЙНИХ ПЛАВОК ЗАДЛЯ ВИБОРУ
РАЦІОНАЛЬНОГО КОРИГУВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ
ЧАВУНУ ЕЛЕКТРОДУГОВОЇ ПЛАВКИ**

Анотація: Запропоновано процедуру технологічного аудиту серійних плавок, особливістю якої є комплексна оцінка фактичних показників плавки. Результатами такого аудиту є можливість розрахунку коригуючих комбінацій з шихтових матеріалів та феросплавів.

Ключові слова: електродугова плавка, хімічний склад чавуну, технологічний аудит

Abstract: The procedure of technological audit of serial smeltings is proposed, the feature of which is a comprehensive assessment of the actual indicators of smelting. The results of such an audit are the possibility of calculating corrective combinations of charge materials and ferroalloys.

Keywords: electric arc smelting, chemical composition of cast iron, technological audit

Фізична та моральна зношеність печей не усуває необхідності виплавляти якісні сплави, тому для функціонування таких печей важливим є пошук їх резервів та вдосконалення процесів плавки, виходячи з наявних можливостей. Тому великі зусилля витрачаються на пошук шляхів раціонального управління процесами плавки [1], розглядається питання формування властивостей сплавів, як кінцевий етап усіх фізико-хімічних перетворень, що потребує моделювання, незалежно від марки чавуну. На підтвердження цього можуть бути названі дослідження щодо виплавки чавуну з пластинчастим графітом [2], алюмінієвого чавуну [3, 4], спеціального зносостійкого та легованого чавуну [5, 6] тощо. Всі ці роботи обмежені хімічними складами, по котрих проводилися дослідження та оцінювалися властивості та структура. Таке обмеження є обґрунтованим, оскільки промислові умови конкретних виробництв, на яких та для яких проводяться такі дослідження, вимагають вирішення конкретних практичних завдань. Тому необхідно проводити технологічний аудит серійних плавок, щоб обґрунтовано вибирати коригувальні норми шихти та феросплавів [7], які необхідно вводити в піч або використовувати для позапічної обробки розплаву.

Метою досліджень було визначення якісного та кількісного складу коригувальних добавок до чавуну, що усувають систематичні похибки розрахунку шихти, на підставі технологічного аудиту серійних плавок.

Процедура технологічного аудиту плавки, що пропонується, включає в себе етапи серійних плавок та розрахунки наступних статистичних характеристик хімічного складу:

– математичні очікування вмісту хімічних елементів, $M(X)$:

$$M(X) = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}, \quad (1)$$

– оцінки дисперсій вмісту хімічних елементів, $s^2(X)$:

$$s^2(X) = \frac{1}{N-1} \sqrt{\sum_{i=1}^N (X_i - M(X))^2}, \quad (2)$$

– середньоквадратичні відхилення вмісту хімічних елементів, $s(X)$:

$$s(X) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - M(X))^2}{N-1}}, \quad (3)$$

– систематичні похибки в оцінці вмісту хімічних елементів, ΔX :

$$\Delta X = M(X) - X_{ts}, \quad (4)$$

– поля розсіювання вмісту хімічних елементів, δX :

$$\delta X = (X_{min} - X_{min\ ts}; X_{max} - X_{max\ ts}). \quad (5)$$

де $M(X)$ – середнє значення вмісту хімічного елемента відповідно до технічних умов, X_{min} , X_{max} – мінімальне та максимальне значення вмісту елементів відповідно до технічних умов, X_{min} , X_{max} – нижнє та верхнє значення вмісту елемента хімічного складу в серії плавок, яке визначалося побудовою гістограм у діапазоні від $M(X) - 3s(X)$ до $M(X) + 3s(X)$.

Для оцінки відповідності фактичних показників плавки за хімічним складом необхідно є перевірка статистичної гіпотези про рівність математичного очікування вмісту хімічного елемента заданому його значенню:

$$H: M(X) = X_{ts}, \quad (6)$$

Гіпотеза може вважатися відкинутою в разі виконання умови:

$$t = \frac{(M(X) - X_{ts})}{s(X) / \sqrt{N}} > t_{cv}, \quad (7)$$

де t_{cv} – критичне значення розподілу Стюдента.

Порівняння отриманих даних з вимогами технічних умов дозволяє визначити склад і кількість коригувальних комбінацій, що включають шихтові матеріали і феросплави. На основі серійних плавок чавуну в електродуговій печі в промислових умовах встановлено, що за елементами хімічного складу C, Mn, Si, Cr мають місце систематичні похибки. Для компенсації цих відхилень може бути використана раціональна комбінація

шихтових матеріалів та феросплавів [8]. Для задоволення вимог технічних умов щодо вмісту кожного елемента хімічного складу необхідно не тільки вводити коригувальні комбінації, що усувають систематичні похибки у розрахунку шихти, але й проводити заходи щодо зменшення поля розсіювання вмісту кожного елемента.

Список використаних джерел

1. Demin, D. A. Synthesis process control elektrodugovoy smelting iron [Text] / D. A. Demin // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2012. – Vol. 2, Issue 10 (56). – P. 4–9. – Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3881/3557>
2. Demin, D. (2017). Strength analysis of lamellar graphite cast iron in the «carbon (C) – carbon equivalent (Ceq)» factor space in the range of C = (3.425–3.563) % and Ceq = (4.214–4.372) %. Technology Audit and Production Reserves, 1 (1 (33)), 24–32. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.93178>
3. Popov, S., Frolova, L., Rebrov, O., Naumenko, Y., PostupnaO., Zubko, V., Shvets, P. (2022). Increasing the mechanical properties of structural cast iron for machine-building parts by combined Mn – Al alloying. EUREKA: Physics and Engineering, 1, 118–130. doi: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002243>
4. Frolova, L., Shevchenko, R., Shpyh, A., Khoroshailo, V., Antonenko, Y. (2021). Selection of optimal al–si combinations in cast iron for castings for engineering purposes. EUREKA: Physics and Engineering, 2, 99–107. doi: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001694>
5. Kharchenko, S., Barsuk, A., Karimova, N., Nanka, A., Pelypenko, Y., Shevtsov, V., Morozov, I., Morozov, V. (2021). Mathematical model of the mechanical properties of Ti-alloyed hypoeutectic cast iron for mixer blades. EUREKA: Physics and Engineering, 3, 99–110. doi: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001830>
6. Frolova, L., Barsuk, A., Nikolaiev, D. (2022). Revealing the significance of the influence of vanadium on the mechanical properties of cast iron for castings for machine-building purpose. Technology Audit and Production Reserves, 4 (1 (66)), 6–10. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.263428>
7. Demin, D. (2019). Development of «whole» evaluation algorithm of the control quality of «cupola – mixer» melting duplex process. Technology Audit and Production Reserves, 3 (1 (47)), 4–24. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2019.174449>
8. Nikolaev, D. (2024). The choice of rational adjustment of the chemical composition of iron melted in an electric arc furnace on the basis of technological audit of serial films. Technology Audit and Production Reserves, 2 (1 (76)), 22–26. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.301259>