

Умови ефективного використання АСУ ТП доменної печі

Б.П. Довгалюк¹

Abstract: CAM blast furnace effective function is conditioned by blast furnace process parameters information reliability, slag chemical composition forecast, cast iron elements oxidation process in tuyeres control, heat losses with cooling water and blast furnace gas.

Key words: CAM blast furnace, Reliability of the information, Forecast cast iron quality, Slag chemical composition.

Основними причинами низької ефективності функціонування АСУ ТП доменних печей є недостовірність інформації про параметри доменного процесу, не контрольовані коливання хімічного складу шлаку, процесу окиснення елементів чавуну на фурмах та втрат тепла з охолоджувальною водою і колошниковим газом.

Вперше для розв'язання проблеми створення АСУ ТП доменної печі були визначені допустимі абсолютні похибки вхідної інформації про вміст в колошниковому газі кожного компоненту $\leq \pm 0,05\%$ та про витрату дуття $\leq \pm 25 \text{ м}^3/\text{хв}$ [1]. Потім ці вимоги було поширено до інформації майже про всі основні параметри процесу [2, 3].

Комплексні показники теплового стану і ходу доменної печі є функціями багатьох незалежних аргументів (параметрів процесу). Гранична абсолютна похибка функції визначається сумою абсолютних значень її частинних диференціалів [2], тобто якщо

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \text{ то} \\ dy = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i} dx_i, \quad (1)$$

де y - комплексний показник; x_1, x_2, \dots, x_n - параметри процесу; dx_i - абсолютна похибка i -го параметру. При великій кількості незалежних змінних похибку функції визначали з виразу [3]

$$\Delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\frac{\partial f(x_1, x_2, \dots, x_n)}{\partial x_i} dx_i \right]^2}. \quad (2)$$

Виявлено, що необхідна точність визначення комплексних показників забезпечується тоді, коли похибки інформації будуть в таких границях [3]: склад колошникового газу $dCO_2 = dCO = dH_2 = \leq \pm 0,05\%$; витрата дуття $dV_o = \leq \pm 25 \text{ м}^3/\text{хв}$; температура дуття $dt_o = \leq \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$; вологість дуття $d\lambda = \leq \pm 1 \text{ г}/\text{м}^3$; витрата природного газу $dV_{nc} = \leq \pm 50 \text{ м}^3/\text{г}$; витрата кисню $dV_o = \leq \pm 50 \text{ м}^3/\text{г}$; маса коксу в подачі $dK = \leq \pm 50 \text{ кг}$; маса агломерату в подачі $dA_z = \leq \pm 200 \text{ кг}$; вміст Fe, FeO в агломераті $dFe = dFeO = \leq \pm 0,5\%$; маса вапняку в подачі

$dII = \leq \pm 20 \text{ кг}$; винос колошникового пилу $dII = \leq \pm 50 \text{ кг}/\text{подачу}$.

Значно пізніше такі ж вимоги до точності інформації були визначені і для реалізації алгоритму [4].

Існуючі в Україні технічні засоби контролю параметрів доменного процесу не відповідають цим вимогам, що є однією із основних причин невисокої ефективності використання АСУ ТП доменних печей.

Під час промислової експлуатації системи керування тепловим режимом доменної печі за достовірною інформацією [5] спостерігалася майже функціональна залежність між вмістом сірки в чавуні та комплексним показником T_n^{7a} . Тіснота цієї залежності на протязі цього періоду підтверджується високим значенням модуля коефіцієнта кореляції - від 0,89 до 0,99. Характерно, що в цей час коливався вміст заліза в агломераті, змінювалося рудне навантаження на кокс, частина агломерату замінювалася рудою, коливалася витрата вапняку. Внаслідок цього тепловий режим плавки та склад чавуну змінювалися в широких границях. Але це не викривило майже функціональної залежності вмісту сірки у чавуні від комплексного показника T_n^{7a} . На основі результатів експлуатації системи зробили дуже важливий висновок: комплексні показники теплового стану доменної печі, що вираховуються по поточній інформації про склад колошникового газу, витрату та склад комбінованого дуття, відображають динаміку перехідних процесів. Це означає, що точність прогнозування складу чавуну не залежить від зміни вхідних параметрів та збурюючих дій.

Аналіз доменного процесу не заперечує зробленому висновкові: зміна регулюючих (рудне навантаження на кокс, вологість дуття, витрата вапняку тощо) та збурюючих (вміст заліза, вологість коксу, розподіл газу та його використання тощо) дій впливає як на тепловий стан процесу так і на склад колошникового газу, тепломісткість комбінованого дуття. У такій же мірі вони впливають на значення комплексних показників, внаслідок чого залежність складу чавуну від комплексних показників не буде викривлятися. До такого висновку прийшли також автори досліджень [6].

Строгой функціональної залежності вмісту кремнію і сірки в чавуні від комплексних показників не може бути, оскільки на якість чавуну впливає хімічний склад шлаку.

Ми дослідили залежність вмісту кремнію і сірки в чавуні та температури чавуну і шлаку (функція) від хімічного складу шлаку (аргументи) [5]. Частка впливу

¹ Дніпродзержинський державний технічний університет, вул. Дніпробудівська, 2, Дніпродзержинськ, Дніпропетровської області, 51918, Україна, E-mail: dowg_bor@mail.ru

кожного аргументу на функцію очевидна із приросту значення кореляційного відношення η при збільшенні кількості аргументів (табл.1).

Таблиця 1

Наростаючі значення кореляційного відношення (η) та $100\eta^2$ відповідних залежностей [5]

Функція	Аргументи					100 η^2
	CaO/SiO_2	MgO	Al_2O_3	S_{II}	FeO_{II}	
	період А					
Si	0,45	0,50	0,77	0,85	0,87	77
S	0,76	0,81	0,83	0,85	0,86	75
t_c	0,49	0,59	0,68	0,69	0,74	54
t_{II}	0,44	0,74	0,81	0,83	0,85	72
	період Б					
Si	0,65	0,67	0,76	0,84	0,86	74
S	0,77	0,781	0,81	0,84	0,94	89
t_c	0,69	0,81	0,85	0,85	0,88	77
t_{II}	0,63	0,67	0,74	0,84	0,90	81

З таблиці видно, що сукупне значення кореляційного відношення (η) у більшості залежностей перевищує 0,85. Це означає, що у досліджуваних умовах при звичайному керуванні доменним процесом більше 70% ($100\eta^2$) коливань хімічного складу чавуну і температури продуктів плавки було обумовлено зміною хімічного складу шлаку. Решта коливань було обумовлено зміною теплового режиму плавки та інших параметрів процесу.

Аналогічні дослідження проведено за інформацією про роботу інших доменних печей ДМК за періоди їх роботи по 10 діб. Виявлено, що тенденція зростання значення коефіцієнта множинної кореляції або кореляційного відношення (η) при збільшенні аргументів залишається, але значення $100\eta^2$ знаходяться на рівні 40 – 60%. Це пояснюється тим, що протягом цих періодів склад шлаку змінювався в менших границях і в меншій мірі впливав на параметри якості чавуну.

Отже, посилюючись на результати цих досліджень, можна пояснити результати використання АСУ тепловим режимом доменної плавки на різних підприємствах. Такі системи дозволяють прогнозувати і стабілізувати, у кращому випадку, при наявності достовірної інформації, тільки коливання теплового стану процесу та пов'язану з ним частку коливання складу чавуну. Достатньо точного прогнозу якості чавуну ці системи забезпечити не могли, оскільки не контролювали зміну складу шлаку.

На залежність якості чавуну від комплексних показників впливає також коливання окиснення елементів

чавуну на фурмах та коливання втрат тепла з охолоджувальною водою і колошниковим газом [7-8]

Нами розроблена АСУ ТП доменної печі, що включає додаткові підсистеми: адаптивного прогнозу і стабілізації хімічного складу та температури чавуну; контролю достовірності інформації; контролю і компенсації коливання окиснення елементів чавуну на фурмах; контролю хімічного складу шлаку; контролю втрат тепла з охолоджувальною водою та колошниковим газом.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- [1] Довгалюк Б.П. „Установление взаимосвязи между параметрами доменного процесса с целью его автоматизации” *Автореферат канд. диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук*. М., Московский ордена Трудового красного знамени институт стали и сплавов.- 1966, 28 с.
- [2] Довгалюк Б.П. „Допустимая погрешность вводимой информации в управляющие вычислительные машины” *Сб. Применение вычислительной техники и математических методов в автоматизации горнорудного и металлургического производства*. К., Техніка, 1968, сс.70-74.
- [3] Довгалюк Б.П. „Допустимая погрешность информации о параметрах доменного процесса.” *Металлургия и коксохимия*. К., Техніка. 1974, № 38, сс. 99-110.
- [4] „Оценка информации, необходимой при регулировании нагрева доменной печи, с применением ЭВМ.” А.С. Мкртчян, Ю.В. Серов, В.В. Бесфамильный и др. *Проблемы автоматизированного управления доменным производством. Материалы Всесоюзного семинара*. К., Наукова Думка, 1974, сс.72-84.
- [5] Довгалюк Б.П. „Автоматизована система керування технологічними процесами доменної плавки” Дніпродзержинськ, ДДТУ, 2009, 245с.
- [6] Улахович В.А., Райх Е.И., Кайлов В.Д. „Исследование динамических характеристик доменной печи.” *Бюллетень ЦИИИ ЧМ.*, 1972, №22. сс. 34-35.
- [7] Довгалюк Б.П. „Контроль коливання окиснення елементів чавуну на фурмах доменної печі” *Збірка наукових праць ДДТУ*, випуск №8, Дніпродзержинськ, 2008, сс.27-34.
- [8] Довгалюк Б.П. „Комп'ютерний контроль теплового стану доменної печі з урахуванням окиснення елементів чавуну на фурмах та втрат тепла”, *Доповіді XV міжнародної конференції з автоматичного управління „Автоматика - 2008”*: Одеса, 2008, ОНМ-992, сс. 764-766.