

Д.А. Ковалёв, Н.Д. Ванюкова, А.Ю. Худяков, М.Н. Бойко

**АНАЛІЗ РОБОТИ ОБПАЛЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ ІЗ  
ЗАСТОСУВАННЯМ РЕЖИМУ  
ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОЇ СУШКИ**

*Анотація. За результатами моделювання роботи зони сушки обпалювальної машини ОК-1-520 у високотемпературному режимі показано, що даний режим дозволяє не тільки повністю провести видалення вологи з обкотишів, але і досить інтенсивно реалізувати їх окислення, оптимізувати розподіл температур в шарі, а також підвищити продуктивність обпалювальної машини.*

*Ключові слова: обпалювальна машина, обкотиш, високотемпературна сушка.*

**Проблема і її зв'язок з науковими і практичними завданнями.** Збільшення продуктивності і підвищення якості кінцевого продукту, як правило, є основними напрямками оптимізації будь-якого технологічного процесу. Одним з дієвих шляхів вирішення вказаних завдань, стосовно процесу виробництва залізородних обкотишів, є теоретично обґрунтована інтенсифікація роботи зони сушки обпалювальної конвеєрної машини. Загальновідомо, що зона сушки є такою, що лімітує і визначає як швидкість руху обпалювальних візків, так і, в значній мірі, умови подальшої термічної обробки обкотишів, і, отже, їх якість. Незважаючи на очевидну важливість глибокого дослідження роботи вказаної зони і істотний резерв її поліпшення, на сьогоднішній день залишається відкритими багато питань. Зокрема, очевидна, що застосовані наразі режими режими сушки залізородних обкотишів не є найефективнішими. [1,2]

Враховуючи вищесказане, аналіз роботи обпалювальної машини із застосуванням високотемпературного режиму сушки представляє значний практичний інтерес вирішення завдання підвищення ефективності процесу обпалу обкотишів.

**Аналіз досягнень і публікацій.** Складність проблеми раціональної організації роботи зони сушки обпалювальної

конвеєрної машини обумовлює різноманіття підходів до її рішення. [3,4] Одним з таких підходів є, розглянута нами в роботі [5], високотемпературна сушка обкотишів, ефективність практичного застосування якої вимагає перевірки у виробничих, або ж в максимально наближених до них, умовах.

**Постановка завдання.** Метою даної статті є дослідження роботи обпалювальної конвеєрної машини із застосуванням режиму високотемпературної сушки і подальший аналіз отриманих результатів, який передбачає визначення впливу режиму сушки на міцність обкотишів, вміст FeO в них, розподіл температур по висоті шару і продуктивність обпалювальної машини. Вищезгадане дослідження передбачається провести із застосуванням методів математичного моделювання.

**Результати. Методика дослідження.** Використана для дослідження динамічна математична модель [6], ґрунтується на описі реальних фізико-хімічних і теплових механізмів, залучених в процес обпалу обкотишів. Перетворення в цій системі аналізуються з позицій кінетики, заснованої на кінетичних рівняннях. Для загального випадку топохімічного реагування модель масопереносу включає хімічну взаємодію і дифузію газового компонента в прикордонній плівці і через пористий шар продукту реагування.

У загальному вигляді модель представлена наступною системою рівнянь [6]:

$$\begin{cases} L_{H_2O} \cdot \rho_{ок} \cdot (1 - \xi) \cdot \frac{\partial W_{H_2O}}{\partial \tau} = -a_v \cdot (t_{ок} - t_{вun}), \\ \rho_{ок} \cdot (1 - \xi) \cdot C_{ок} \cdot \frac{\partial t_{ок}}{\partial \tau} = -a_v \cdot (t_2 - t_{ок}) + Q_1 - Q_2 + Q_3, \\ \rho_2 \cdot C_2 \cdot W_2 \cdot \frac{\partial t_2}{\partial x} = a_v \cdot (t_{ок} - t_2); \end{cases} \quad (1)$$

де:  $\rho_{ок}$  – щільність концентрату;  $\xi$  – пористість шару обкотишів;  $W_{H_2O}$  – вміст води у обкотишах,  $t_{ок}$  – температура обкотишів;  $\tau$  – час;  $a_v$  – коефіцієнт теплопровідності (від газу до обкотишів);  $t_2$  – температура газу;  $Q_1$  – теплота окислення магнетиту;  $Q_2$  – теплота розкладання вапняку;  $Q_3$  – теплота окислення вуглецю.

Для опису фізико-хімічних процесів окислення магнетиту, окислення вуглецю, дисоціації вапняку застосовуються відповідні моделі цих процесів.

Вирішення системи (1) проводилося методом кінцевих різниць по явній схемі. Результати наведені у таблиці 1.

Для визначення міцності обпалених обкотишів на стиснення використовується математична модель, яка включає моделі для визначення впливу на процес зміцнення: хімічного складу сирих обкотишів – через використання показників основності  $\text{CaO/SiO}_2$ , глиноземного  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  і магнезійного модулів  $\text{MgO/SiO}_2$ ; динаміки нагріву обкотишів; температури обпалу; діаметру обкотишів.

В якості об'єкту для дослідження була обрана обпалювальна машина ОК-1-520, як найбільш сучасна з використовуваних в даний час і така, що відповідає більшості вимог, які пред'являються до обпалювальних агрегатів конвеєрного типу. На наш погляд, ефективність застосування розробленого режиму високотемпературної сушки обкотишів буде найбільш показова саме на прикладі роботи сучасної обпалювальної машини, значно вдосконаленої порівняно з прототипами, проте такою, що зберігає істотний резерв для модернізації за рахунок впровадження нових технологічних схем.

Між базовим і дослідним (високотемпературним) періодами встановлені наступні відмінності:

- базовий період: температура в зоні сушки 1 (1а,1,2,3,4 вакуум-камери) – 350 °С, швидкість газу – 1,2 м/с (рух газу знизу вверху); температура в зоні сушки 2 (5,6 вакуум-камер) – 450 °С, швидкість газу – 1,2 м/с (рух газу зверху вниз);

- дослідний період: температура в зоні сушки 1 (1а,1,2,3 вакуум-камер) – 350 °С, швидкість газу – 1,2 м/с (рух газу знизу вверху); температура в зоні сушки 1 (4-а вакуум-камера) – 500 °С, швидкість газу – 0,6 м/с (рух газу знизу вверху); температура в зоні сушки 2 (5-а вакуум-камера) – 800 °С, швидкість газу – 0,7 м/с (рух газу зверху вниз); температура в зоні сушки 2 (6-а вакуум-камера) – 1000 °С, швидкість газу – 0,85 м/с (рух газу зверху вниз).

Також в дослідному періоді температура в зоні підігріву складала 1100 °С.

У обох періодах: висота шару обкотишів - 0,3 м, діаметр обкотишів - 15 мм, вміст кремнезему - 7,56%, вапняку - 5%, бентоніту - 0,5%.

Швидкість руху обпалювальних візків в базовому періоді складала 3,2 м/хв. При моделюванні дослідного періоду змінювали швидкість руху обпалювальних візків, підбираючи її так, щоб вологовміст обкотишів на вході в зону підігріву був не вище, ніж у базовому періоді.

Як вказувалось в постановці завдання, аналізували вплив режиму сушки на міцність обкотишів, зміст FeO, розподіл температур по висоті шару і продуктивність обпалювальної машини.

Обробка матеріалу і результати. Швидкість руху обпалювальних візків машини в дослідному періоді склала 3,41 м/хв. Отримані в результаті дослідження, підсумки моделювання обпалу обкотишів, з різними режимами сушки представлені в таблиці 1. У заголовках стовбців даної таблиці використані наступні умовні позначення: W, % - вміст вологи в обкотишах по висоті шару в кінці зони сушки, %; T, °C - температура обкотишів по висоті шару в кінці зони сушки, °C; FeO, % - розподіл FeO по висоті шару обкотишів в кінці зони сушки, %; Міцність, кг/ок. - міцність обпалених обкотишів по висоті шару, кг/обкотиш.

Розрахунок питомої продуктивності проводили за наступною формулою:

$$P_{num} = 60 \cdot k \cdot b \cdot h \cdot \rho \cdot (1 - \delta) \cdot v / S, \quad (2)$$

де: k – вихід придатного (0,97); b – ширина машини, м; h – висота шару, м;  $\rho$  – щільність обкотишів, т/м<sup>3</sup>; v – швидкість машини, м/хв;  $\delta$  – порозність шару; S – площа машини, м<sup>2</sup>.

Питома продуктивність обпалювальної машини склала: у базовому періоді - 0,851 т/(м<sup>2</sup>ч); у дослідному періоді - 0,907 т/(м<sup>2</sup>ч). Приріст продуктивності склав 6,56 %.

Вище наведені результати моделювання роботи обпалювальної конвеєрної машини ОК-1-520, з використанням високотемпературного режиму сушки, свідчать про перспективність його застосування. Сушка обкотишів в дослідному високотемпературному режимі, в порівнянні з базовим при температурах 350-450°C, дає наступні переваги:

- дозволяє здійснити окислення шару обкотишів приблизно на 50%, в той час, як в базовому режимі значного окислення не відбувається (рис. 1.а);

- сприяє певному поліпшенню якості кінцевого продукту: міцність на стиснення обпалених обкотишів в дослідному періоді, в порівнянні з базовим, зростає в середньому по висоті шару на 5,44-5,58% (рис. 1.б);

- забезпечує сприятливіший, в порівнянні з базовим режимом, прогрів шару, чим здійснює підготовку до переходу до зони підігріву (рис. 1.в) і дає можливість підвищити температуру в зоні підігріву до 1100°C;

- підвищує продуктивність обпалювальної конвеєрної машини на 6,56%.

Таблиця 1

Підсумки моделювання роботи конвеєрної машини ОК-1-520 в базовому і високотемпературному режимах

Висота в шарі, мм	Базовий режим				Високотемпературний режим			
	Wок, %	ток, оС	FeO, %	Міцність, кг/ок.	Wок, %	ток, оС	FeO, %	Міцність, кг/ок.
300	0	403	16,54	257	0	829	5,57	271
270	0	387	16,69	254	0	723	6,06	264
240	0	369	17,23	253	0	574	6,49	259
210	0	348	17,75	247	0	508	7,19	249
180	0	320	18,00	239	0	439	8,54	241
150	0	283	18,40	231	0	363	9,38	233
120	0	229	19,00	228	0	275	10,00	230
90	0,3	151	19,77	217	0	173	10,11	221
60	3	98	20,50	203	1,7	157	11,07	213
30	4,9	60	21,02	197	3,9	100	11,26	208

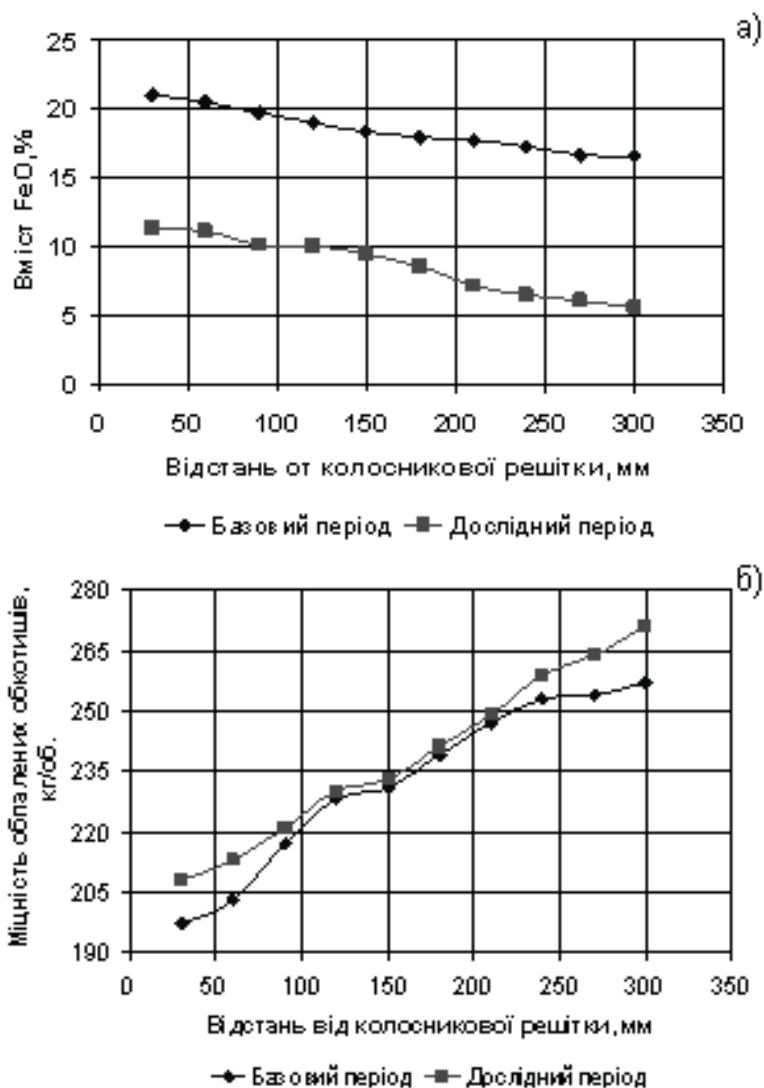


Рисунок 1 - Результати моделювання роботи обпалювальної конвеєрної машини ОК-1-520:

- а) розподіл FeO по висоті шару обкотишів в кінці зони сушки;  
 б) міцність обпалених обкотишів

**Висновки.** Моделювання роботи зони сушки обпалювальної машини ОК-1-520 у високотемпературному режимі показало, що даний режим дозволяє не тільки повністю провести видалення вологи з обкотишів, але і досить інтенсивно реалізувати їх окислення (окислюється до 50% FeO), оптимізувати розподіл температур в шарі, а також підвищити продуктивність обпалювальної машини на 6,56%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кокорин Л.К., Лелеко С.Н. Производство окисленных окатышей.- Екатеринбург: Изд-во «Уральский центр ПР и рекламы».- 2004.- 208с.
2. Абзалов В.М. Эффективность работы зон сушки обжиговых машин. // Сталь.- 2008.- № 12.- С.25-27.
3. Абзалов В.М. Интенсификация процесса сушки окатышей на обжиговых конвейерных машинах // Сталь.- 2006.- № 6.- С.28-30.
4. Пути интенсификации процесса сушки окатышей на конвейерных машинах / Е.В. Некрасова, А.П. Буткарев, Г.М. Майзель, С.А. Мариев.- В кн.:Интенсификация процессов окускования железорудного сырья. Свердловск: Уралмеханобр, 1985, с. 58-63
5. Ковалев Д.А., Худяков А.Ю. Исследование и разработка режимов высокотемпературной сушки окатышей. // Новини науки Придніпров'я. – 2010. – №1.– С. 176-180.
6. Разработка динамической математической модели для управления обжигом углеродсодержащих железорудных окатышей / Ковалёв Д.А., Ванюкова Н.Д., Бойко М.Н. // Системні технології : регіон. міжвуз. зб. наук. праць. – 2008г – Дніпропетровськ: Системні технології, № 1. – с. 93-102.