

Н.В. Полякова

ФОРМУВАННЯ ЯКІСНИХ ОКАТИШІВ СУМІСНИМ ВПЛИВОМ ТЕМПЕРАТУРИ ЇХ ОБПАЛУ ТА ШВИДКОСТІ ГАЗОВОГО ОБДУВУ

Анотація. У статті представлені результати моделювання роботи зон обпалу та охолодження конвеєрної машини для обпалу окатишів при зміні температури обпалу та швидкості газового потоку. Встановлено, що при підвищенні швидкості газового потоку зона максимальних температур розповсюджується на більшу глибину, при цьому зменшується перепад температури по висоті, за рахунок чого вирівнюється якість окатишів у всьому шарі.

Ключові слова: обпал окатишів, температура обпалу, швидкість газу, якість окатишів

Постановка проблеми

Основними технологічними чинниками, що впливають на такі характеристики якості окатишів як їх міцність та структура є: рівень температури в зонах обпалювальної машини, час і швидкості нагріву та охолодження, склад газової фази [1].

Температурно-часові умови обпалу залізородних окатишів є основним чинником, що визначає якість готового продукту [2]. Найважливішими з цих умов є рівень температури обпалу, а також швидкість нагріву і охолодження окатишів.

Температура в значно більшій мірі, ніж решта чинників, інтенсифікує процес спікання, тому доцільно вести обпал окатишів при максимально можливій температурі. Граничне значення останньої визначається температурою розм'якшення і оплавлення окатишів.

Відмінність в складах шихт, що застосовуються для виробництва окатишів, не дозволяє рекомендувати вибір єдиного значення температури обпалу для всіх випадків. Проте, відомо, що температура обпалу нижче 1200°C не забезпечує досягнення необхідної міцності окатишів [3].

Певну роль в зміцненні окатишів грає і чинник часу. Найінтенсивніше зростання міцності відбувається впродовж перших 5—20

хв. обпалу [4]. Подальше перевищення тривалості обпалу збільшує міцність несуттєво і, в подальшому, навіть може призвести до деякого зниження її.

Певну дію на формування показників міцності окатишів також має швидкість їх охолодження. Так, окатиші необхідно охолоджувати зі швидкістю, яка не перевищує 100 °С/хв. При вищих швидкостях охолодження окатиші втрачають міцність, що пов'язано з розвитком термічних напруг.

Враховуючи вищесказане, аналіз сумісного впливу температури обпалу та швидкості газового потоку в зонах обпалу і охолодження на якість окатишів представляє значний практичний інтерес щодо вирішення завдання підвищення ефективності процесу обпалу окатишів.

Аналіз публікацій

Питанням досягнення раціонального розподілу температур обпалу окатишів присвячена значна кількість наукових робіт, наприклад [5-6]. Втім, складною проблемою залишається вирівнювання температурно-часових умов для окатишів по всій висоті їх шару.

Постановка завдання

Метою даної статті є аналіз сумісного впливу температури обпалу та швидкості газового потоку в зонах обпалу і охолодження на температурно-часові умови обпалу окатишів по висоті шару, які визначають якість кінцевого продукту. Зазначене дослідження здійснювалось із застосуванням методів математичного моделювання.

Результати

Для дослідження використана математична модель [7], яка ґрунтується на описі реальних фізико-хімічних і теплових механізмів, залучених в процес обпалу окатишів. Перетворення в цій системі аналізуються з позицій кінетики, заснованої на кінетичних рівняннях. Для загального випадку топохімічного реагування модель масопереносу включає хімічну взаємодію і дифузії газового компонента в приграничній плівці і крізь пористий шар продукту реагування.

У загальному вигляді модель представлена наступною системою рівнянь:

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

де: $\rho_{ок}$ – щільність концентрату; ξ – пористість шару окатишів; W_{H_2O} – вміст води у окатишах, $t_{ок}$ – температура окатишів; τ – час; a_v – коефіцієнт теплопровідності (від газу до окатишів); t_z – 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.

Для визначення міцності обпалених окатишів на стиснення використовується математична модель, яка включає моделі для визначення впливу на процес зміцнення: хімічного складу сирих окатишів – через використання показників основності CaO/SiO_2 , глиноземного Al_2O_3/SiO_2 і магнезійного модулів MgO/SiO_2 ; динаміки нагріву окатишів; температури обпалу; діаметру окатишів.

Для визначення впливу температури і швидкості газового потоку на рівень теплової обробки окатишів при обпалі проведені модельні дослідження, в ході яких змінювали температуру газу, що просмоктується крізь шар окатишів при їх обпалі і швидкість газового потоку. Швидкість газового потоку змінювали в діапазоні від 0,8 до 1,2 м/с. Температуру газу в зоні обпалу змінювали в інтервалі 1230-1280°C. Висота шару окатишів та швидкість руху обпалювальних візків задавалась незмінною для всіх досліджень. Залежність максимальної температури окатишів від температури газу у зоні обпалу та швидкості газового потоку по висоті шару наведена на рисунку 1.

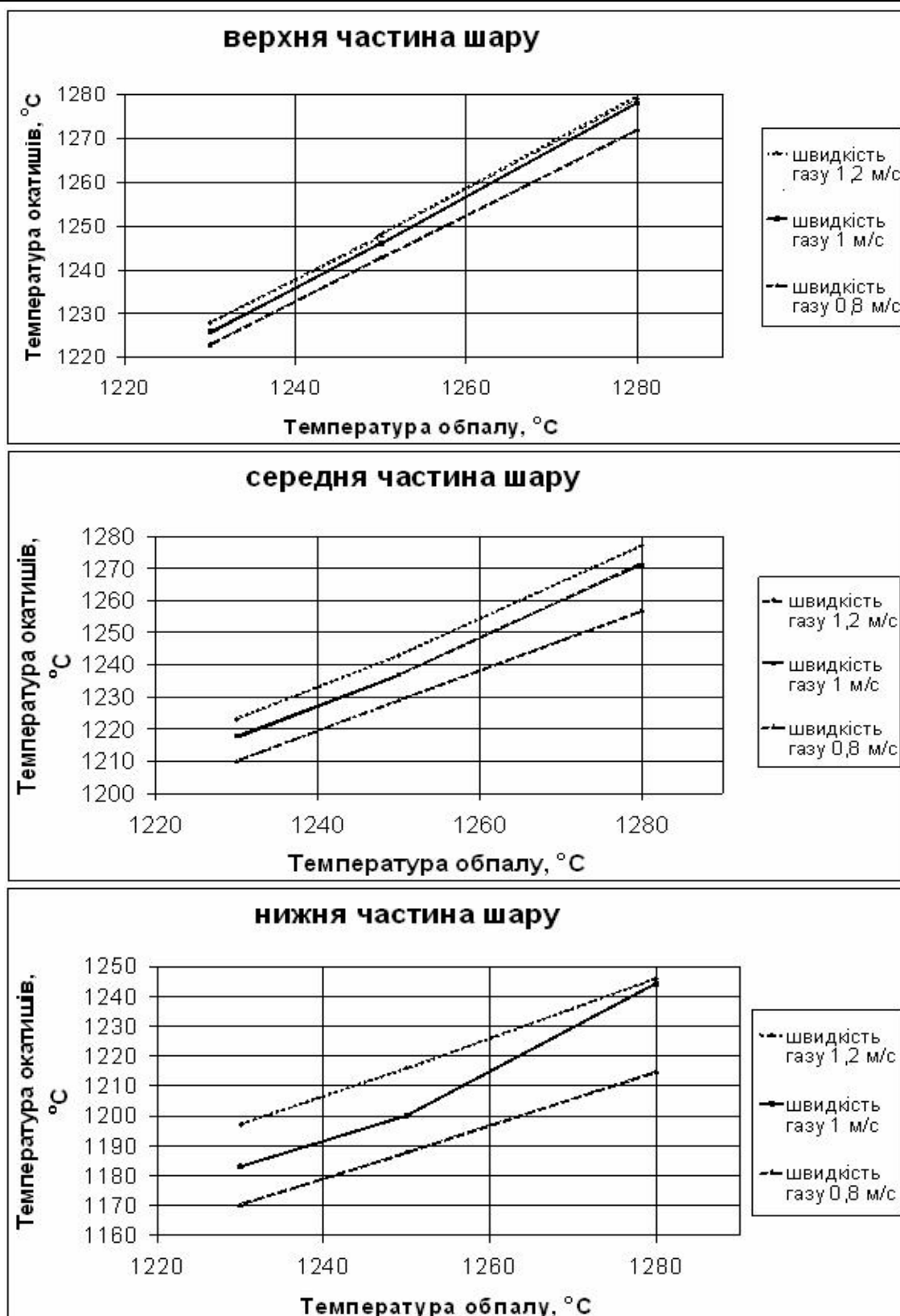


Рисунок 1 – Залежність максимальної температури окатишів від температури газу у зоні обпалу та швидкості газового потоку по висоті шару (верх, середина та низ шару)

Для визначення впливу температурного режиму і швидкості газового потоку на охолодження окатишів проведені дослідження за допомогою математичного моделювання. В ході цих досліджень змінювали швидкість газового потоку в зоні охолодження від 0,8 до 1,2 м/с, температуру окатишів на вході в зону охолодження с 1220 до 1280 °С. Висоту шару окатишів і швидкість руху обпалювальних візків не змінювали. В результаті визначали температуру окатишів на виході із зони охолодження і швидкість охолодження окатишів. Отримані дані наведені у таблиці 1.

Встановлено, що зі збільшенням температури газу у зоні обпалу до 1280°С максимальна температура окатишів по висоті шару суттєво залежить від швидкості газового потоку. Особливо це стосується окатишів нижньої частини шару. Так при швидкості газового потоку 0,8 м/с температура окатишів складала 1214 °С, а при швидкості 1 м/с – 1243°С.

Таблиця 1

Швидкість охолодження в залежності від температури газу у зоні охолодження та швидкості газового потоку по висоті шару.

Температура газу, °С	20			60			100			Висота у шарі, мм
Швидкість газу, м/с	0,8	1,0	1,2	0,8	1,0	1,2	0,8	1,0	1,2	
Швидкість охолодження, °С/хв.	78,5	78,68	78,75	76,12	76,25	76,25	73,68	73,75	73,75	300
	77,93	78,37	78,56	75,6	76,05	76,11	73,1	73,3	73,35	240
	76,87	77,68	78	75,36	75,62	75,65	72,79	72,91	72,96	180
	75,18	75,81	77,12	74,85	75,13	75,32	72,56	72,61	72,68	120
	83,14	85,21	85,78	80,71	83,14	83,28	78,07	80,5	80,35	60

Взагалі максимальна температура окатишів при зміні швидкості газового потоку змінюється більш суттєво зі збільшенням ступеню заглиблення розташування шарів окатишів, а для окатишів верхньої частини шару температура практично не змінюється.

Встановлено, що при всіх досліджуваних температурах охолодження та швидкостях газового потоку швидкість охолодження ока-

тишів у відповідній зоні менше 100 °С/хв., тобто не перевищує допустиме значення.

При підвищенні температури окатишів на вході в зону охолодження при швидкості газового потоку 0,8 м/с спостерігається недостатнє охолодження окатишів, що ускладнює їх подальше транспортування.

На процес охолодження окатишів, а саме на швидкість охолодження та кінцеву температуру окатишів значно впливають наступні параметри зони обпалу: температура обпалу – що визначає температуру окатишів на вході в зону охолодження (в більшій мірі для окатишів верха шару) та швидкість газового потоку, яка також визначає температуру окатишів на вході в зону охолодження, але в більшій мірі для окатишів, що розташовані в нижній частині шару.

Висновки

За результатами дослідження встановлено, що максимальна температура окатишів при зміні швидкості газового потоку змінюється більш суттєво зі збільшенням ступеню заглиблення розташування шарів окатишів, що зменшує перепад температур за висотою шару.

На швидкість охолодження та кінцеву температуру окатишів, які розташовані у верхній частині шару, в більшій мірі впливає температура обпалу, яка визначає температуру окатишів на вході в зону охолодження, а для окатишів, що розташовані внизу шару швидкість газового потоку в зоні обпалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко М.Н. Комплексный расчет основных параметров и качества углеродсодержащих окатышей при обжиге на конвейерной машине / М.Н. Бойко, Д.А. Ковалёв, Н.Д. Ванюкова // Системні технології : регіон. міжвуз. зб. наук. Праць. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2008. – № 3. – том 2. – С. 3-8.
2. Интегральный показатель качества технологии производства железорудных окатышей (на примере Лебединского горно-обогатительного комбината) / А.Р. Жак, Ю.С. Юсфин, Р.Г. Миронова [и др.] // Известия ВУЗов. Чёрная металлургия. – 1998. – № 3. – С. 6 – 14.
3. Механизм упрочнения и свойства окатышей из железорудного концентрата Михайловского ГОКа. / Журавлев Ф.М., Малышева Т.Я., Чумак А.Д. и др. // Сталь – 1981 – № 4 – С.16 – 20.
4. Ефименко Г.Г. Технология производства офлюсованных окатышей повышенной прочности. Г.Г. Ефименко, Д.А. Ковалев, Е.И. Сулименко // Сталь. – 1978 – № 3 – С. 199 – 201.
5. Кокорин Л.К. Производство окисленных окатышей. Л.К. Кокорин, С.Н. Лелеко – Екатеринбург: Изд-во «Уральский центр ПР и рекламы». – 2004. – 208с.
6. Методы интенсификации процесса термообработки окатышей на конвейерной машине. / Бережной Н.Н., Петров А.В., Воскерчан Н.В., Дрожилов Л.А. // Бюллетень научнотехнической информации – Черная металлургия – 1977 – № 6 – С. 21 – 23. 2009».
7. Ковалёв Д.А. Разработка динамической математической модели для управления обжигом углеродсодержащих железорудных окатышей / Д.А. Ковалёв, Н.Д. Ванюкова, М.Н. Бойко // Системні технології : регіон. міжвуз. зб. наук. праць. – 2008г – Дніпропетровськ: Системні технології, № 1. – с. 93-102.