

## ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЖИМУ ВИПАЛЮВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ЗРАЗКІВ КИСЛОТОСТІЙКОЇ КЕРАМІКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ШЛАКІВ ФЕРОНІКЕЛЮ

На основі лабораторних досліджень, проведених в Київському національному університеті будівництва і архтектури та Інституті матеріалознавства НАН України встановлені оптимальні речовинні та фракційні склади шихти з використанням шлаків феронікелю, а також температура випалювання та її допустимий діапазон, які дають змогу отримати кислотостійкі керамічні плити з потрібними показниками будівельно-технічних та фізико-хімічних властивостей [1, 2, 3].

Для впровадження результатів лабораторних досліджень у виробництво необхідно визначити комплексний вплив розміру зразків, температури та тривалості випалювання на основі властивостей кислотостійкої керамічної плити.

Для цього був використаний трифакторний трирівневий метод планування експерименту.

Досліджені зразки, відформовані з шихти оптимального складу, яка містить відсотки від маси: БЕФ з середнім розміром часток  $0,47 \times 10^{-3} \text{ м} - 20$ ; глину часов-ярьську з питомою поверхнею  $1400 \text{ м}^2/\text{кг} - 60$ ; шлак феронікелю Побужського заводу з питомою поверхнею  $350 \text{ м}^2/\text{кг} - 20$ . Вологість сировинної шихти складала 11%. Зразки формували по двостадійній схемі ущільнення по режиму 5:0:10 Мпа.

У якості варійованих факторів вибрана температура спікання  $X_1$  ( $t_{\text{вип}} = 1323 \dots 1423 \text{ К}$ ) тривалість спікання  $X_2$  ( $t_{\text{вип}} = 2 \dots 4 \text{ год}$ ) та висота зразків  $X_3$  ( $h_{\text{вип}} = 5 \dots 15 \text{ мм}$ ) (табл. 1). Функціями відгуку прийняті границі міцності на вигин  $Y_1(\delta_{\text{виг}})$  та водопоглинання зразків  $Y_2(W)$ .

План проведення експерименту та результати випробувань наведені в таблицях 1 і 2.

У результаті математичної обробки експериментальних даних отримані такі рівняння залежності границі міцності на вигин  $\delta_{\text{виг}}$  ( $Y_1$ ) та водопоглинання  $W_{\text{погл}}$  ( $Y_2$ ) керамічної плити від досліджених факторів:

$$\delta_{\text{виг}} = Y_1 = 14,671 + 1,52 X_1 + 2,08 X_2 - 0,48 X_3 \quad (1)$$

$$W_{\text{погл}} = Y_2 = 4,314 - 1,08 X_1 - 1,71 X_2 + 0,57 X_3 + 0,388 X_1 X_2 \quad (2)$$

Таблиця 1

## Інтервал варіювання факторів

Фактори, вид		Рівні варіювання			Інтервал варіювання
Натуральний	Закодований	Верхній +1	Середній 0	Нижній -1	
Температура випалювання, К	$X_1$	1423	1373	1323	50
Тривалість випалювання, годин	$X_2$	4	3	2	1
Висота зразків, мм	$X_3$	15	10	5	5

Ці рівняння отримані після виключення незначних коефіцієнтів регресії та перевірки адекватності рівнянь в описуваній області факторного простору, при 5% рівні значущості. Це також підтверджується порівнянням розрахункових значень водопоглинання та границі міцності при вигині зразків з експериментальними даними (табл. 2).

Отримані залежності свідчать про значимість впливу розмірів плитки на показники їх властивостей після випалювання.

Таблиця 2

## Вплив висоти зразків, температури і тривалості випалювання на фізико-механічні властивості керамічної плитки

№ п/п	Температура випалювання, (К), $X_1$	Тривалість випалювання, (год), $X_2$	Висота зразків, ( $10^{-3}$ ), $X_3$	$\delta_{\text{виг}}$ (МПа), $Y_1$	Водопоглинання (%), $Y_2$	$\delta_{\text{виг}}$ (МПа), $Y_1$ , (розрахунок)	Водопоглинання (%), $Y_2$ , (розрахунок)
1	1423	4	15	17,6	2,2	17,79	2,43
2	1323	4	15	14,6	3,7	14,75	3,92
3	1423	2	15	13,6	5,7	13,63	5,18
4	1323	2	15	11,0	7,9	10,59	8,01
5	1423	4	5	19,0	1,5	18,75	1,29
6	1323	4	5	15,8	3,0	15,71	2,77
7	1423	2	5	14,5	3,5	14,59	4,04
8	1323	2	5	11,3	7,0	11,55	6,87
9	1423	3	10	16,2	3,3	16,19	3,23
10	1323	3	10	13,0	5,4	13,15	5,39
11	1373	4	10	16,8	2,6	16,76	2,60
12	1373	2	10	12,6	6,0	12,59	6,02
13	1373	3	15	14,2	4,9	14,19	4,88
14	1373	3	5	15,2	3,7	15,15	3,75
15	1373	3	10	14,7	4,3		

Рівняння (1, 2) також були використані для прогнозування тривалості випалювання промислових зразків кислотостійкої керамічної плитки марки КШ висотою  $3,5 \times 10^{-2}$  м при температурі випалювання 1373 К.

У цьому випадку фактор  $X_1 = 0$ ;  $X_2 = +5$ ; границя міцності при вигині повинна бути не менше 15 Мпа, а водопоглинання не більше 5%.

Підставляючи ці дані у рівняння 1 і 2 отримаємо:

$$15 \leq 14,67 + 2,08X_2 - 2,4 = 12,271 + 2,08X_2 \quad (3)$$

$$5 \geq 4,314 - 1,71X_2 + 2,85 = 7,164 - 1,71X_2 \quad (4)$$

$$X_2 \geq 2,729 : 2,08 = 1,31 \quad (5)$$

$$X_2 \geq 2,164 : 1,71 = 1,26. \quad (6)$$

Отже, з урахуванням переходу від закодованих змінних у натуральні, тривалість спікання промислових зразків при  $T_{\text{вип}} = 1373\text{К}$  складає не менше 4 годин 20 хвилин. При прогнозуванні тривалості спікання кислотостійкості керамічної плитки типу КС, яка задовольняє вимоги ГОСТ 961-89, отримані такі залежності:

$$25 \leq 12,271 + 2,08X_2, \quad (7)$$

$$3,5 \geq 7,164 - 1,71X_2 \quad (8)$$

звідки:

$$X_2 \geq 2,729 : 2,08 = 1,31, \quad (9)$$

$$X_2 \geq 3,664 : 1,71 = 2,1. \quad (10)$$

Отже, з урахуванням переходу з кодованих змінних у натуральні, тривалість спікання промислових зразків при  $T_{\text{вип}} = 1373\text{К}$  складає не менше 9 годин 10 хвилин. Отримані залежності (1.....10) свідчать про можливість управління та регулювання технологічним процесом отримання кислотостійкої керамічної плитки з шихт оптимального складу та дисперсності. Вони описують комплексний вплив висоти зразків, температури і тривалості їх випалювання на показники фізико-механічних властивостей плитки.

Аналіз наведеної інформації дає змогу зробити такі узагальнення:

1. Методами математичного планування експерименту встановлені аналітичні залежності границі міцності на вигин та водопог-

ливання від режиму випалювання (температури і тривалості спікання) та висоти зразків, що дає можливість прогнозувати технологічний режим виробництва кислотостійкої керамічної плитки.

2. Визначено, що висота зразків при використанні шлаків феронікелю є менш значним фактором, чим температура і тривалість випалювання. Проте вона суттєво впливає на показники фізико-механічних властивостей зразків.

### Використана література

1. Голубничий А. В., Килимник О. О. Фізико-хімічні властивості кислотостійкої керамічної плитки на основі вогнетривкої глини і шлаку феронікелю. Будівництво України. – 1998. – № 1. – С. 21–22.

2. Килимник О. О. Енергозберігаюча технологія виробництва кислотостійкої кераміки на основі вогнетривкої глини і гранульованого шлаку феронікелю // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1998. – № 1. – С. 24–26.

3. Килимник О. О., Колонюк Н. В., Герасимова О. А. Вплив режиму випалювання на основі Фізико-хімічні властивості кислотостійкої керамічної плитки з використанням шлаків феронікелю // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – 2002. – Вип. 5. – С. 103–107.