

*Канд. техн. наук О. С. Михайлюта, канд. техн. наук В. В. Коледа,
Є. В. Алексєєв, О. О. Миршавка
(ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний
університет», м. Дніпропетровськ, Україна)*

Жаротривкі бетони з підвищеною термостійкістю

Вступ

Сьогодні розвиток вітчизняної промисловості вогнетривів спрямований на покращення якості та фізико-механічних властивостей виробів, використання нових сировинних матеріалів, у тому числі й відходів крупнотонажних виробництв, для зниження питомих затрат на виготовлення виробів, а також впровадження енергозберігаючих технологій. Такі заходи необхідні при виробництві неформованих вогнетривів, доля яких в загальному виробництві країни збільшується. При цьому найбільшим попитом сьогодні користуються жаротривкі бетони [1], які при футеровці теплових агрегатів дозволяють значно знизити енерговитрати в навколишнє середовище. За допомогою неформованих вогнетривів можна отримати монолітну футерівку без швів, що робить її більш стійкою в експлуатації внаслідок зменшення термонапружень [2].

На українському ринку попит на жаротривкі бетони перевищує пропозиції вітчизняних заводів-виготовлювачів, що обумовлене досить затратною технологією їх виробництва, наявністю дефіцитних матеріалів у складі маси, використанням малоефективних зв'язуючих та іншими факторами, тому розробка нових композицій бетонів, зокрема на основі відходів крупнотонажних виробництв, є актуальною та перспективною задачею.

Одним із можливих рішень поставленої задачі, на наш погляд, є розробка бетонів на основі шамотного заповнювача з використанням шлаколужного зв'язуючого, що і стало метою даної роботи.

Експериментальна частина

Як зв'язуюче було досліджено шлак Дніпропетровського металургійного комбінату ім. Петровського (марка ПМК), хімічний склад якого наведено у табл. 1.

Хімічний склад сировинних матеріалів

	Вміст оксидів, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Σ
Шлак марки ПМК	36,68	7,86	0,66	45,21	5,99	3,6	100,00
Цементний клінкер*	21—24	4—8	2—4	63—68	До 1	—	100,00

* У дослідженнях не використовується, дані наводяться з літературного джерела [3] для порівняння з хімічним складом шлаку.

З табл. 1 видно, що основними оксидами у шлаці є SiO₂ та CaO, що наближує його до типового цементного клінкеру і дозволяє прогнозувати його в'язучі властивості.

На рис. 1 наведені результати рентгенофазового аналізу, який дозволив встановити, що шлак має аморфізовану структуру, тобто основною є склафаза, а також кристалічні фази — воластоніт, окерманіт, геленіт та ранкініт.

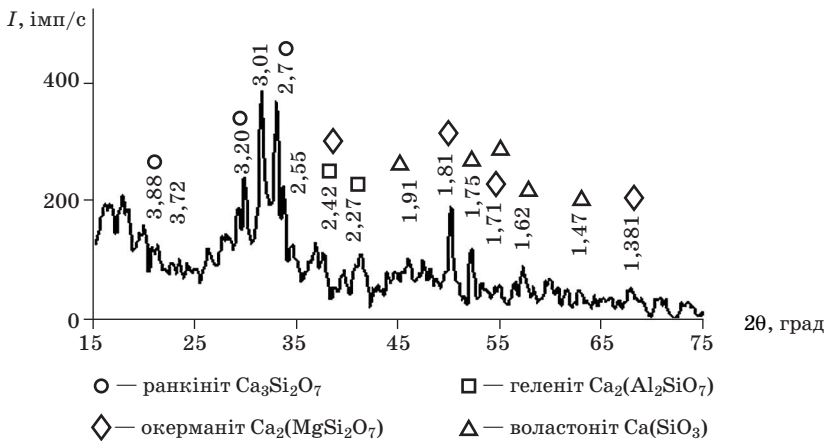


Рис. 1. Рентгенограма шлаку ПМК

Таблиця 2

Основні властивості шлаку ПМК та цементу

Найменування властивості	Показники	
	для марки ПМК	для цементу
Залишок на ситі № 008, %	1,4	8—12
Питома поверхня (на приладі ПСХ-4), см ² /г	3450	2000—3000
Межа міцності при стисканні після пропарювання, МПа	20,0	25,0—28,0

З метою дослідження активності шлаку було виготовлено зразки-балочки, для яких визначали границю міцності при стисненні. При співставленні з типовими цементними зразками границя міцності дещо менша, але свідчить про те, що шлак виявляє в'язучі властивості [4; 5] і саме тому може знайти ефективне застосування при виготовленні бетонів.

На наступному етапі досліджень було поставлено мету здійснити підбір раціонального складу бетону з використанням шлаку, при цьому як основний заповнювач вводили шамот фракцій 0,63—2,0 та 0,1—5,0 мм. Вміст шлаку варіювали у межах 15—35 %, а вміст шамоту — 17—85 %, згідно з симплекс-решітчастим методом планування експерименту в області, зазначеній на рис. 2.

З приготовлених композиційних сумішей отримували бетон нормальної робочої густоти, з якого формували зразки-балочки шляхом відливання у металічні форми. Зразки-балочки сушили в природних умовах та випалювали в лабораторній електричній печі

за 950 та 1200 °С, причому для вимірювання властивостей випал проводили для кожної серії зразків окремо.

Для вимірювання водопоглинання та границі міцності при стисненні використовували стандартні методики [6; 7]. Для визначення термостійкості вимірювали кількість теплотмін, які витримують дослідні зразки до появи ознак руйнування матеріалу. Зразки швидко нагрівали до температури 1000 °С; після нагріву зразки охолоджували у воді та оцінювали наявність дефектів та руйнувань поверхні.

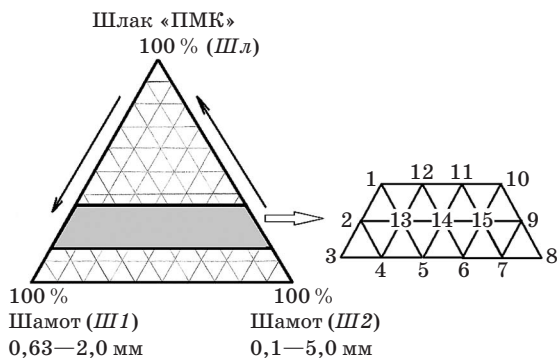


Рис. 2. План експерименту за симплексним методом

Результати та їх обговорення

Результати визначення водопоглинання та границі міцності при стисненні для зразків бетонів після випалу за 950 та 1200 °С приведені на рис. 3 та 4.

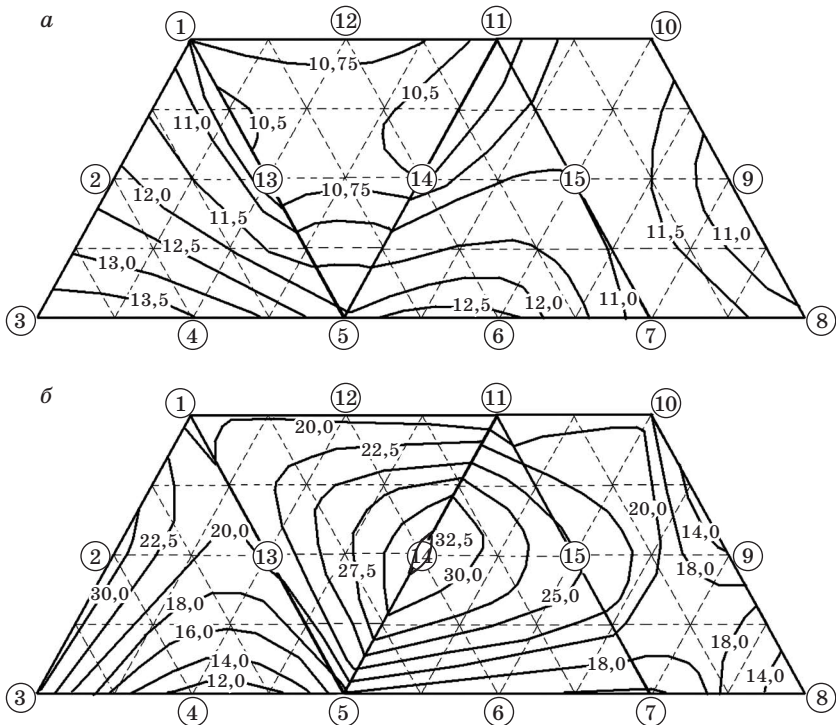


Рис. 3. Водопоглинання, % (а) та границя міцності при стисненні, МПа (б) дослідних зразків після випалу за 950 °С

З приведених рисунків видно, що як після випалу за 950 °С, так і після випалу за 1200 °С найменші значення водопоглинання (відповідно 10,75—10,5 та 10,0 %) знаходяться в області складів № 12 та 14, причому в дослідному інтервалі температур випалу значення змінюються приблизно на 10 %, що свідчить про досить високу стабільність бетонів щодо змінення основних властивостей. Максимальні значення границі міцності при стисненні (32,5—35,0 МПа) знаходяться також у межах зазначених складів.

Зі збільшенням вмісту як тонкодисперсної, так і грубодисперсної фракції шамоту показники водопоглинання збільшуються, а міцності — зменшуються, що пов'язано з ускладненням процесу рідкофазного спікання [8] за рахунок збільшення тугоплавкого компоненту у складі шихти.

Враховуючи можливе застосування даних бетонів в умовах поперемінного нагріву, для кращих зразків було визначено

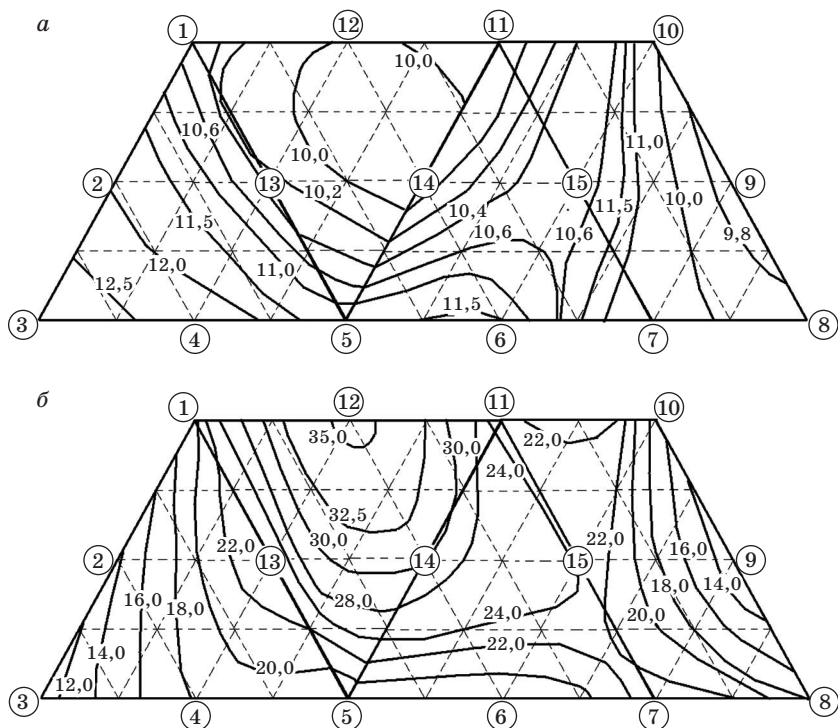


Рис. 4. Водопоглинання, % (а) та границя міцності при стисканні, МПа (б) дослідних зразків після випалу за 1200 °С

термічну стійкість. На зразках № 14 і 12, випалених за 950 °С, з'явилися незначні мікротріщини після 10 теплосмін; при цьому втрати маси не відбулось. На зразках, випалених за 1200 °С, навіть після 10 теплосмін не з'явилось ознак тріщин і не відмічалось зниження міцності. Подальші дослідження не продовжувалися, тому що вважається, що бетони не піддаватимуться таким жорстким умовам експлуатації. Тому з отриманих результатів можна дійти висновків, що дослідні бетони мають підвищену термостійкість і витримують 10 теплосмін без руйнування.

Висновки

У результаті науково-дослідної роботи отримано жаротривкі бетони з високими показниками експлуатаційних властивостей після випалу за 950 та 1200 °С: водопоглинанням 10,7—10,0 %, границею міцності при стисненні до 32—35 МПа та термостій-

кістю до 10 теплотворних при поперемінному нагріванні до 1000 °С. З метою зниження енергозатрат на виробництво та ресурсозбереження, у склад композиції бетону вводиться до 35 % відходів сталеплавильного виробництва — доменних гранульованих шлаків. Використання шлаків при виготовленні жаротривких бетонів дозволяє знизити їх собівартість на 22—26 % та при цьому отримати високоякісну футерівку теплових агрегатів.

Бібліографічний список

1. Шахов И. И. Совершенствование футеровок вагонеток туннельных печей для обжига кирпича [Текст] / И. И. Шахов // Строительные материалы. — 2001. — № 1. — С. 20—21.
2. Семченко Г. Д. Неформованные огнеупоры [Текст]: учеб. пособие / Г. Д. Семченко. — Х. : НТУ «ХПИ», 2007. — 304 с.
3. Бутт Ю. М. Химическая технология вяжущих материалов [Текст] / Ю. М. Бутт, М. М. Сычев, В. В. Тимашев. — М. : Высш. шк., 1980. — 472 с.
4. Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности [Текст]: учеб.-справ. пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. — Ростов н/Д : Феникс, 2007. — 369 с.
5. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества [Текст]: учеб. для вузов / А. В. Волженский. — М. : Стройиздат, 1986. — 464 с.
6. ГОСТ 12730.3—78 Бетоны. Метод определения водопоглощения [Текст]; взамен ГОСТ 12730—67; введ. 1980-01-01. — М. : Изд-во стандартов. — 3 с.
7. ГОСТ 10180—90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам [Текст]; взамен ГОСТ 10180—78; введ. 1991-01-01. — М. : Изд-во стандартов. — 29 с.
8. Химическая технология керамики и огнеупоров [Текст] / под ред. П. П. Будникова и Д. Н. Полубояринова. — М. : Стройиздат, 1972. — 551 с.

Рецензент к. т. н. Костирко І. Ю.