

*Канд. техн. наук О.М. Борисенко, д-р техн. наук С.М. Логвінков
(Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця,
Харків, Україна*

**Дослідження впливу кількості етилсилікату, золю на його основі та
фенолформальдегідної смоли на міцнісні властивості
невипалених магнезіальновуглецевих вогнетривів**

ВСТУП

Основним завданням у технології виготовлення щільних вогнетривів, в тому числі безвипалюваних периклазовуглецевих є забезпечення їх високої щільності і міцності та низької пористості, що забезпечує необхідні експлуатаційні властивості вогнетривів [1 – 4]. Зміцнення структури виробів досягається раціональним вибором компонентного складу вогнетривів [1, 5, 6], режимів їх формування [7 – 10] та термообробки [1].

Для отримання вогнетривів з високими міцнісними характеристиками в їх виробництві застосовують кремнійорганічні композиції [1, 11], серед яких широке використання набули етилсилікати різних марок [11]. Етилсилікати використовують як у вигляді самостійної добавки у складі вуглецевих мас, так і у вигляді зв'язуючих для вуглецевовмісних складів [11, 12]. При гідролізі етилсилікату різною кількістю води, отримують зв'язуючі різного якісного складу, які також використовують у виробництві щільних вогнетривів [12].

В роботах [13 – 15] доведено, що використання етилсилікату, як модифікатора фенолформальдегідної смоли, та золю на його основі, як модифікатора графіту, у складі безвипалюваних периклазовуглецевих вогнетривів приводить до підвищення експлуатаційних характеристик цих матеріалів. Однак, ще недостатньо вивчено кількісний вплив фенолформальдегідної смоли та модифікаторів (етилсилікату та золю на його основі) на міцність периклазовуглецевих вогнетривів.

В даній роботі викладені результати досліджень кількісного впливу етилсилікату, золю на його основі та фенолформальдегідної смоли на міцність безвипалюваних периклазовуглецевих вогнетривів.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Для виробництва безвипалюваних периклазовуглецевих виробів застосовували такі види сировинних матеріалів: спечений периклаз марки П-90 з масовою часткою MgO не менше 90 %, ГОСТ 10360-85; графіт GE-1 з масовою часткою C 90-98 %, ГОСТ 7478-75; алюмінієвий порошок марки ПА-4 з масовою часткою активного Al не менше 98 %, ГОСТ 6058-73; уротропін (вміст гексаметилтетрааміна 97,4 %); порошкоподібну фенолформальдегідну смолу марки FP 6227; рідку фенолформальдегідну смолу українського виробництва марки СП 1001 / 2-1, ТУ У 24.1-30634438.002: 2003; етилсилікат марки ЕТС-32, ТУ-6-02-895-86.

Порядок приготування вогнетривкої маси наступний [16]: периклаз фракцій 2 – 0,5 і 0,5 – 0 мм перемішували, потім додавали модифіковану рідку фенолформальдегідну смолу, ретельно перемішували, додавали периклаз менше 0,063 мм, перемішували, після цього по черзі додавали компоненти: модифікований графіт, антиоксидант, смолу порошок, уротропін, після додавання кожного компонента ретельно перемішували шихту. Рідку фенолформальдегідну смолу модифікували етилсилікатом, графіт – золем на основі етилсилікату.

Зразки $3 \times 3 \times 3$ см пресували на гідравлічному пресі П-125. Після пресування вироби пров'ялювали не менше 3 годин. Термообробку зразків проводили в сушильній шафі при температурі 180 – 200 °С з витримкою при максимальній температурі дві години.

Досліджували вплив кількості модифікаторів: етилсилікату ($Z_1 = 0,5 - 1,5$ %), золу на його основі ($Z_2 = 0,25 - 0,75$ %) та рідкої фенолформальдегідної смоли ($Z_3 = 3,0 - 4,0$ %) на характеристики міцності (МПа) периклазовуглецевих матеріалів з використанням повного факторного експерименту типу 2^3 (ПФЕ).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Роботу виконували в наступному порядку згідно [17].

Здійснювали кодування змінних факторів (табл. 1) за формулою:

$$X_i = \frac{Z_i - Z_i^0}{\lambda_i}, \quad (1)$$

де X_i – кодовані змінні, Z_i – фактор експерименту, Z_i^0 – центр плану, λ_i – інтервал варіювання.

Таблиця 1

Кодування факторів

Фактори	Верхній рівень, Z_i^+	Нижній рівень, Z_i^-	Центр, Z_i^0	Інтервал варіювання λ_i	Залежність кодованої змінної від натуральної
Z_1	1,5	0,5	1,0	0,5	$X_1 = \frac{Z_1 - 1}{0,5}$
Z_2	0,75	0,25	0,5	0,25	$X_2 = \frac{Z_2 - 0,5}{0,25}$
Z_3	4,0	3,0	3,5	0,5	$X_3 = \frac{Z_3 - 3,5}{0,5}$

Будували матрицю планування з урахуванням всіх взаємодій і середніх значень відгуку (табл. 2).

Таблиця 2

Матриця планування для обробки результатів

№	Фактори			Взаємодія факторів				Функція
	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	Міцність, МПа
								Середній результат з двох паралельних дослідів
1	+	+	+	+	+	+	+	65,30
2	+	-	+	-	+	-	-	81,05
3	-	+	+	-	-	+	-	51,15
4	+	+	-	+	-	-	-	48,45
5	-	+	-	-	+	-	+	42,00
6	-	-	+	+	-	-	+	62,40
7	+	-	-	-	-	+	+	49,40
8	-	-	-	+	+	+	-	41,40

Відповідно до [17] обчислювали коефіцієнти рівняння регресії, перевіряли обчислені коефіцієнти на значимість, визначивши дисперсію відтворюваності, та отримали рівняння регресії в кодovаних змінних, перевіряли отримане рівняння на адекватність та проводили інтерпретацію отриманої моделі:

$$y = 49,8 + 5,1Z_1 - 4,8Z_2 + 7,3Z_3 + 3,5Z_1Z_3 - 1,2Z_2Z_3 - 3,4Z_1Z_2Z_3.. \quad (2)$$

Найбільший вплив на збільшення міцності має кількість введеної рідкої фенолформальдегідної смоли, етилсилікату та модифікованої фенолформальдегідної смоли: збільшення кількості фенолформальдегідної смоли та етилсилікату у складі шихти безвипалюваних периклазовуглецевих вогнетривів призводить до підвищення міцності цих матеріалів, також найвищу міцність мають зразки на модифікованій фенолформальдегідній смолі при максимальних значеннях кількості смоли та етилсилікату. Негативний ефект на збільшення міцності має кількість введеного золю на основі етилсилікату: збільшення кількості золю на основі етилсилікату у складі шихти безвипалюваних периклазовуглецевих вогнетривів призводить до зменшення міцності цих матеріалів.

ВИСНОВКИ

Встановлено, що для отримання міцних безвипалюваних периклазовуглецевих вогнетривів у склад шихти необхідно вводи максимальну кількість фенолформальдегідної смоли (4 %) та етил силікату (1,5 %) та мінімальну кількість золю на основі етил силікату (0,25 %).

БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Кашеев И.Д. Оксидноуглеродистые огнеупоры / И.Д. Кашеев. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000. – 265 с.
2. Закарян Н.А. Состояние и пути повышения конкурентоспособности огнеупоров, производимых в Украине / Н.А. Закарян // Новые огнеупоры. – 2006. – № 11. – С. 76 – 78.
3. Соловущкова Г.Э. Состояние дел и тенденция развития производства и использования углеродсодержащих и бескислородных огнеупоров / Г.Э. Соловущкова // Огнеупоры. – 1991. – № 4. – С. 35.
4. Кашеев И.Д. Свойства и применение огнеупоров: справочное издание / И.Д. Кашеев. – М.: Теплотехник, 2004. – 352 с.
5. Серова Я.В. Исследование оксидноуглеродистых огнеупоров – направление выработки требований к поставщикам / Я.В. Серова, Е.В. Чудинова // Огнеупоры и техническая керамика. – 2008. – № 6. – С. 27 – 32.
6. Хорошавин Л.Б. Магнезиальные огнеупоры: справ. изд. / Л.Б. Хорошавин, В.А. Перепелицин, В.А. Кононов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 576 с.
7. Harada T. Comparison of the characteristics of MgO-C-briks in different pressing mettods / T. Harada, O. Matsura // Taikabutsu. – 2000. – Vol. 52, № 5. – P. 266 – 270.

8. Периклазовые карбонированные огнеупоры гидростатического формообразования для металлургических агрегатов / С.А. Суворов, В.А. Мусевич, В.Г. Джангирян [и др.] // Новые огнеупоры. – 2006. – № 4. – С. 59 – 60.

9. Верниковский В.Е. Особенности современных гидравлических прессов для полусухого прессования огнеупоров / В.Е. Верниковский // Огнеупоры. – 1991. – № 1. – С. 19 – 26.

10. Liaoning Dalmond Refractories, новый завод Группы Магнезит в Китае, к 2010 г. достиг плановой мощности в 100 тысяч тонн в год // Огнеупоры и техническая керамика. – 2010. – № 1 – 2. – С. 67.

11. Семченко Г.Д. Принципы и перспективы применения этилсиликатных связок в производстве огнеупоров / Г.Д. Семченко // Научные и практические результаты в технологии и службе огнеупоров: сборник научных трудов. – 1996. – С. 189 – 196.

12. Семченко Г.Д. Часть 1. Получение связующего для керамического производства золь–гель методом. 2. Получение этилсиликатных связующих и их модифицирование / Г.Д. Семченко // Огнеупоры и техническая керамика. – 1999. – № 3. – С. 21 – 24.

13. Слепченко О.Н. Исследование влияния вида кремнийорганического золя на свойства безобжиговых магнезиальноуглеродистых огнеупоров на фенолформальдегидной смоле / О.Н. Слепченко, А.А. Майборода, Г.Д. Семченко // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». – 2005. – № 51. – С. 113 – 118.

14. Борисенко О.Н. Высокопрочные периклазоуглеродистые огнеупоры на фенолформальдегидной смоле с модифицированием различных компонентов шихты / О.Н. Борисенко, Г.Д. Семченко, М.А. Чиркина [и др.] // Новые огнеупоры. – 2006. – № 7. – С. 52 – 55.

15. Борисенко О.Н. Влияние фенолформальдегидной смолы отечественного и импортного производства на свойства периклазоуглеродистых огнеупоров / О.Н. Борисенко, М.А. Чиркина, Г.Д. Семченко [и др.] // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». – 2007. – № 26. – С. 128 – 133.

16. Пат. 79197 України, МПК⁷ C04B 35/035, C04B 35/622, C04B 35/04, C04B 35/63. Спосіб виготовлення магнезіально вуглецевого вогнетриву / Семченко Г.Д., Слепченко О.М., Соловей Т.В.; заявник та патентовласник Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – № a200509095; заявл. 26.09.2005; опубл. 25.05.2007, Бюл. № 7.

17. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – К.: Техника, 1975. – 168 с.