

УДК 666.1.036.6

Я.І. Білий, Я.І. Кольцова, С.В. Нікітін

ОДЕРЖАННЯ ПОРИСТИХ СКЛОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БОЮ СКЛА ТА ДОМЕННОГО ШЛАКУ

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет», м. Дніпропетровськ

В статті наведені результати досліджень, які спрямовані на синтез пористого склокристалічного матеріалу на основі бою віконного скла та доменного шлаку. Встановлено залежності спучування дослідних матеріалів від шихтового складу та температури випалу. Рекомендовано оптимальні інтервали концентрацій доменного шлаку в склошлакових композиціях та температури їх випалу для одержання як теплоізоляційних матеріалів ($\lambda=0,05$ Вт/м⁰С), так і легких заповнювачів бетонів (об'ємна вага 300–600 кг/м³).

Вступ

Однією з важливих задач промисловості України — є впровадження таких технологічних процесів, які забезпечують комплексне використання різних сировинних матеріалів (природних, технічних і вторинних) та істотно знижують шкідливу дію відходів на навколишнє середовище. Особливо це стосується металургійної галузі, де кількість відходів доходить до 80% [1]. Залежно від різновидів процесів і типу печей техногенні відходи чорної металургії (шлаки) поділяють на доменні, сталеплавильні, від виробництва феросплавів і ваграночні.

З названих видів металургійних шлаків у виробництві будівельних матеріалів найбільш широко застосовуються доменні шлаки, що обумовлено близькістю їх складу до цементних сумішей та здатністю при швидкому охолодженні здобувати гідравлічну активність. Доменні шлаки є продуктами взаємодії спеціальних флюсів (карбонатів кальцію й магнію) з порожньою породою залізної руди та золою коксу. Відмінності в хімічних складах залізних руд та коксу в різних регіонах країни обумовлюють відповідні розбіжності і у складі доменних шлаків. Їх хімічний склад наданий в основному чотирма оксидами, мас. %: СаО (29–30), MgO (0–18), Al₂O₃ (5–23) і SiO₂ (30–

40); у невеликій кількості в них вмісні оксиди заліза (0,2–0,6) і марганцю (0,3–1,0), а також сірка (0,5–3,1). Основна маса гранульованих доменних шлаків надходить у виробництво шлакопортландцементу, а також безклінкерних в'язучих, шлаколузних бетонів, мінеральної вати, шлакоситалових виробів і в якості заповнювача цементних та асфальтових бетонів [2].

Бій стекол, як вторинний матеріал, не накопичується у відвалах, так як досить широко використовується в різних галузях промисловості. Наприклад, бій листового скла, що має температуру початку розм'якшення 550–700⁰С, дозволяє знижувати енерго- та матеріальні витрати при варінні стекол і виробництві піноскла [3].

Експериментальна частина

Метою даної роботи було встановлення можливості синтезу пористого склокристалічного матеріалу з використанням бою віконного скла та доменного шлаку Дніпродзержинського металургійного комбінату (табл. 1).

В роботі були досліджені маси з тонкодисперсних порошоків (прохід крізь сито №01), які містили від 20 до 100% доменного шлаку та від 80 до 0% бою віконного скла. Зразки з вказаних мас формували методом напівсухого пресування у вигляді таблеток діаметром 24 мм та висотою 9–

Таблиця 1

Хімічні склади вихідних матеріалів, %*

Назва матеріалу	Найменування компонентів										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	ППП
Доменний шлак	38,8	7	0,01	0,17	0,22	45,7	5,5	0,36	0,3	1,3	0,64
Бій скла [4]	72,0–72,8	1,5–1,7	0,1	–	–	8,0–8,1	3,5–3,8	0,5	13,2–13,5	0,5	–

Примітка: * — тут і надалі мас. %

© Я.І. Білий, Я.І. Кольцова, С.В. Нікітін, 2012

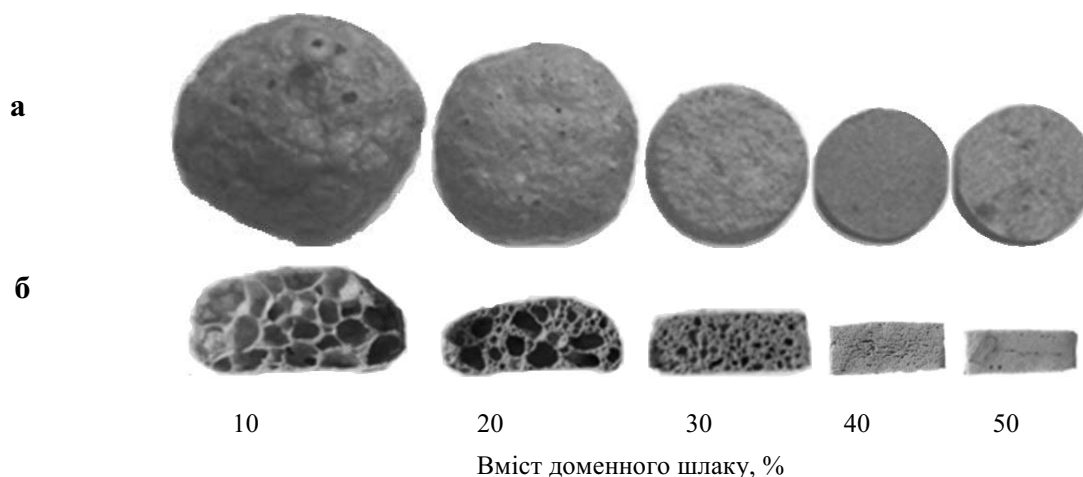


Рис. 1. Зовнішній вигляд (а) та розподіл пор (б) у дослідних зразках, випалених при 1000°C

Таблиця 2

Характеристики дослідних зразків до та після випалу при 900°C

№ шихти	Вміст, %		h ₁ ,* мм	h ₂ ,* мм	Δh, мм	V ₁ **, см ³	V ₂ **, см ³	ΔV, см ³	K _v	d,***, мм	Кількість пор на 1см ²
	склобою	доменного шлаку									
1	90	10	8,8	16,5	+7,7	4,0	14,0	+10,0	3,5	1,6	50
2	85	15	8,8	17,5	+8,7	4,0	17,5	+13,5	4,4	3,1	22
3	80	20	8,7	17,8	+9,1	3,93	18,5	+14,6	4,62	3,4	14
4	75	25	8,7	14,4	+5,7	3,93	12,0	+8,1	3,05	2,0	27
5	70	30	8,6	12,0	+3,4	3,89	8,0	+4,1	2,51	1,25	>50
6	65	35	8,4	13,0	+4,4	3,8	7,0	+3,2	1,85	0,6	>50
7	60	40	8,3	9,5	+1,2	3,75	4,5	+0,75	1,2	—	—
8	55	45	8,0	8,0	0	3,6	3,6	0	1	—	—
9	0	100	7,8	7,8	0	3,5	3,5	0	1	—	—

Примітка: * – h₁, h₂ – висота дослідних зразків до та після випалу; ** – V₁, V₂ – об'єм дослідних зразків до та після випалу; *** – d – діаметр пор дослідних зразків після випалу.

10 мм з наступним сушінням при кімнатній температурі та випалом при 1000–1200°C.

Для отриманих зразків, за допомогою пісочного об'ємометру, були визначені зміни їх об'ємів та розраховано коефіцієнти спучування (K_v).

Експериментально встановлено, що дослідні маси, які містили понад 30% доменного шлаку добре спікалися при температурах 1000, 1100 і 1200°C без утворення пористої структури. Зразки ж з вмістом доменного шлаку від 10 до 30%, які були випалені при 1000°C, характеризувались K_v=4,75–1,7 та відрізнялися неоднорідними за розміром ніздрюватими порами (рис. 1). Динаміка зміни коефіцієнта спучування таких мас від вмісту доменного шлаку графічно наведена на рис. 2.

Враховуючи відмічене, виник інтерес визначити можливість спучення дослідних мас при знижених температурах (900–800°C) і меншому вмісті доменного шлаку. Для цього зразки із вмістом відходу від 10 до 45% спочатку випалювали при температурі 900°C. Аналіз їх властивостей (табл. 2) дозволив визначити чітку тенденцію збільшення коефіцієнта спучення від 1 до 4,62 зі зниженням кількості доменного шлаку у дослідних шихтах з 45 до 20% (рис. 3). Подальше знижен-

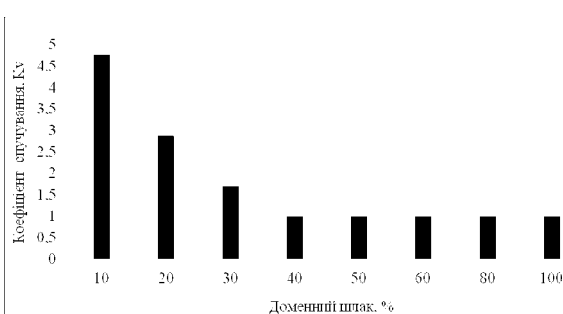


Рис. 2. Залежність коефіцієнта спучування дослідних мас від вмісту доменного шлаку (випал при 1000°C)

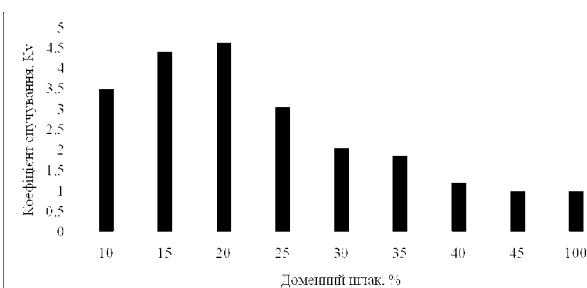


Рис. 3. Залежність коефіцієнта спучування дослідних мас від вмісту доменного шлаку (випал при 900°C)

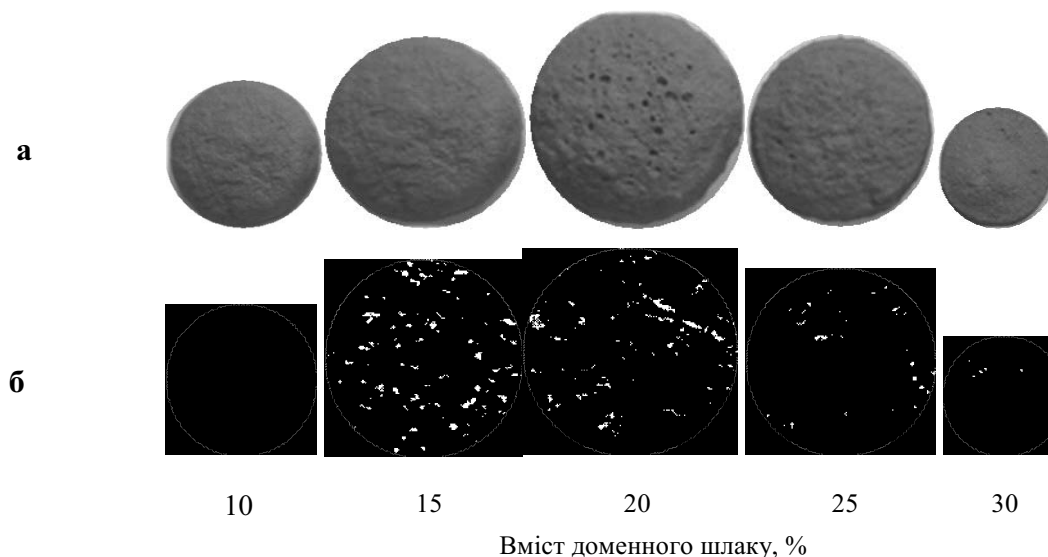


Рис. 4. Зовнішній вигляд (а) та поруватість (б) дослідних зразків, випалених при 900°C

ня вмісту шлаку від 20 до 10% призводило до поступового зменшення значень K_v від 4,62 до 3,5. Зовнішній вигляд зразків та розподіл пор наведений на рис. 4.

Для отримання більш рівномірної пористості склокристалічного матеріалу в подальшому було розширено інтервал концентрації доменного шлаку в складі дослідних мас від 2,5 до 30% з шагом у 2,5%. Такі зразки випалювали при температурах, знижених до 850 800°C. При цьому експериментально встановлено, що при всіх дослідних температурах випалу — 850, 825 та 800°C спостерігалась тенденція поступового зростання коефіцієнта спучування зразків при збільшенні вмісту в них доменного шлаку від 2,5 до 17,5% (рис. 5). Подальше зростання цього відходу в складі дослід-

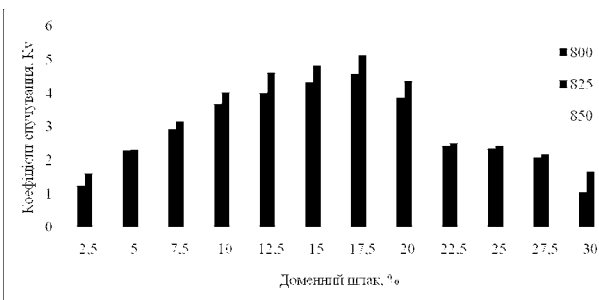


Рис. 5. Залежність коефіцієнта спучування дослідних мас від вмісту доменного шлаку

них шихт призводило до зниження їх спучування, що обумовлено зростанням в'язкості склофази в них за рахунок збільшення вмісту оксидів кремнію та алюмінію. Слід зазначити, що найбільші значення K_v мали зразки, випалені при температурі 850°C, хоча й при двох інших температурах: 825 і 800°C спучування зразків було досить значним (K_v до 5). Більш рівномірний розподіл пор характерний для мас з вмістом доменного шлаку від 7,5 до 12,5% (рис. 6)

Для отримання більш рівномірної пористості склокристалічного матеріалу в подальшому було розширено інтервал концентрації доменного шлаку в складі дослідних мас від 2,5 до 30% з шагом у 2,5%. Такі зразки випалювали при температурах, знижених до 850 800°C. При цьому експериментально встановлено, що при всіх дослідних температурах випалу — 850, 825 та 800°C спостерігалась тенденція поступового зростання коефіцієнта спучування зразків при збільшенні вмісту в них доменного шлаку від 2,5 до 17,5% (рис. 5). Подальше зростання цього відходу в складі дослідних шихт призводило до зниження їх спучування, що обумовлено зростанням в'язкості склофази в них за рахунок збільшення вмісту оксидів кремнію та алюмінію. Слід зазначити, що найбільші значення K_v мали зразки, випалені при температурі 850°C, хоча й при двох інших температурах: 825 і 800°C спучування зразків було досить значним

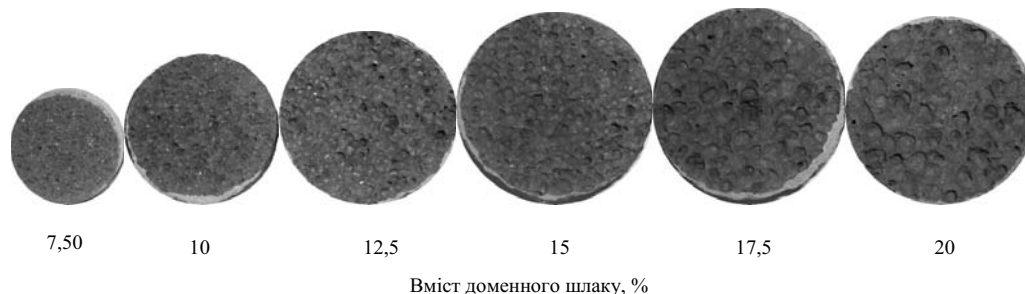


Рис. 6. Характер розподілу пор у дослідних зразках, випалених при 850°C

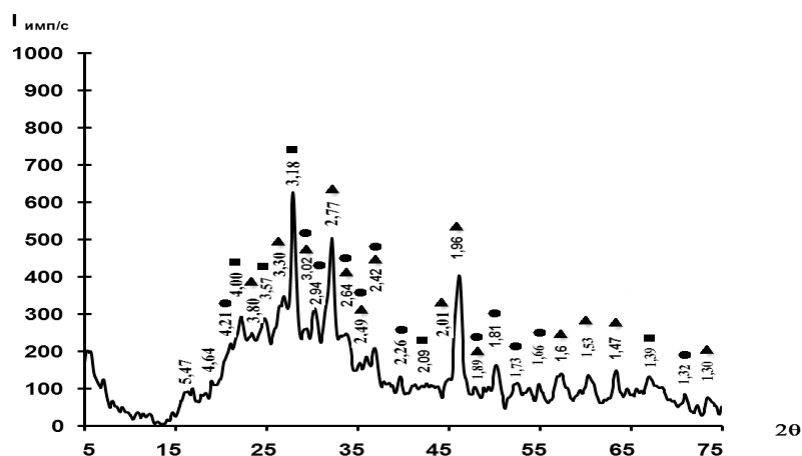


Рис. 7. Фазовий склад склокристалічного матеріалу з вмістом 15% доменного шлаку: ■ — ранкініт; ▲ — воластоніт; ● — двокальцієвий дисилікат натрію

(K_v до 5). Більш рівномірний розподіл пор характерний для мас з вмістом доменного шлаку від 7,5 до 12,5% (рис. 6)

Аналіз фазового складу дослідних композиційних зразків із вмістом бою скла і доменного шлаку та випалом при температурі 850°C, вказував на утворення та присутність в синтезованому матеріалі кристалічних сполук воластоніту, ранкініту та двокальцієвого дисилікату натрію (рис. 7).

Висновки

Таким чином, виконаними експериментами доведена можливість отримання пористих склокристалічних матеріалів з використанням бою віконного скла та гранульованого доменного шлаку при випалі в температурному інтервалі 800–900°C. Встановлено, що при вмісті доменного шлаку в дослідних масах від 7,5 до 12,5% та випалі їх при температурі 800–850°C можливо отримати дрібнопористу ($d=1-2$ мм) структуру склокристалічного матеріалу, подібну до піноскла, що, зазвичай, виготовляється з тонкомеленого бою скла та спучуючої добавки — вуглецевої сажі [5,6], яка є дороговартісною та шкідливою для здоров'я людини. При вмісті доменного шлаку від 15 до 22,5% можливо отримувати склокристалічні матеріали з ніздрюватими порами ($d=2-5$ мм), подібними до керамзиту, що виготовляється за загальновідомою

керамічною технологією при 1150–1250°C [7].

Вироби з синтезованого склокристалічного матеріалу характеризуються міцністю на стиск 4–12 МПа та об'ємною вагою 300–600 кг/м³ і можуть використовуватися в якості як теплоізоляції, так і заповнювачів в легких бетонах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Романенко А. Г. *Металлургические шлаки*. — М.: Высш. шк., 1978. — 275 с.
2. Гиндис Я. П. *Технология переработки шлаков*. — М.: Стройиздат, 1991. — 280 с.
3. Павлушкин Н. М. *Химическая технология стекла и ситаллов*. — М.: Стройиздат, 1983. — 432 с.
4. *Технологія скла у трьох частинах*. Ч. III. Технологія скляних виробів / Й. Н. Яцишин, Я. І. Вахула, Т. Б. Жеплинський, А. І. Козий. — Львів: Растр-7, 2011. — 416 с.
5. Китайгородский И. И. *Пеностекло*. — М.: Стройиздат, 1953. — 79 с.
6. Шилл Ф., *Пеностекло: пер. чешского*. — Матвева Г. М. — М.: Стройиздат, 1965. — 308 с.
7. Юшкевич М. О., Роговой М. И. *Технология керамики*. Учеб. пособие. — М.: Стройиздат, 1969. — 351 с.

Надійшла до редакції 25.01.2012