

**І.О. СОЛОВЙОВА**, аспірант, НМетАУ, Дніпропетровськ,  
**В.В. ПІСЧАНСЬКА**, канд. техн. наук, доц., НМетАУ, Дніпропетровськ,  
**О.С. НАУМОВ**, канд. техн. наук, доц., НМетАУ, Дніпропетровськ

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗЕРНОВОГО СКЛАДУ КАРБІДУ КРЕМНІЮ НА ВЛАСТИВОСТІ НИЗЬКОЦЕМЕНТНОГО БЕТОНУ СИСТЕМИ $Al_2O_3 - SiC - C$**

Проведено експериментальні дослідження щодо вивчення впливу гранулометричного складу карбіду кремнію на властивостей низькоцементного бетону. В результаті виконаних досліджень встановлено доцільність використання у складі бетонних мас для футеровки жолобів доменних печей карбіду кремнію з розміром зерен менше 1 мм при переважному вмісті зерен фракцій 0,5 – 0,063 мм і 0,063 – 0 мм, що забезпечує формування низькопористої механічно міцної структури в умовах високих температур.

Проведены экспериментальные исследования относительно изучения влияния гранулометрического состава карбида кремния на свойств низкоцементного бетона. В результате выполненных исследований установлено целесообразность использования в составе бетонных масс для футеровки желобов доменных печей карбида кремния с размером зерен менее 1 мм при подавляющем содержимом зерен фракций 0,5 – 0,063 мм и 0,063 – 0 мм, что обеспечивает формирование низкопористой механически крепкой структуры в условиях высоких температур.

Experimental researches on studying influence of the grain composition of the silicon carbide on the properties of low-cement corundum concrete have been carried out. As a result of carried out researches the expediency of using silicon carbide in the composition of concrete mass for lining of blast furnaces troughs with grain size less than 1 mm and preferable 0,5 – 0,063 mm and 0,063 – 0 mm. It provision of forming low-porosity mechanic strength structure under such conditions high temperature.

**Постановка проблеми.** Ефективними вогнетривкими матеріалами для монолітних футеровок жолобів доменних печей є неформовані вогнетривкі матеріали систем  $Al_2O_3 - SiC$ ,  $Al_2O_3 - SiC - C$ ,  $Al_2O_3 - SiO_2 - SiC - C$ : віброналивні і саморозтікаючі низько- й ультранизькоцементні бетони, керамобетони, набивні маси на керамоорганічних зв'язках [1 – 8]. Сумісне введення у склад бетонних мас добавок вуглецьвміщуючих матеріалів і карбіду кремнію або карбідкремнійвміщуючих матеріалів сприяє підвищенню шлакостійкості, термостійкості, ерозійної та корозійної стійкості футеровок [5, 7 – 10].

Практичний досвід розробки багатокomпонентних складів і технології виготовлення низькоцементних бетонів системи  $Al_2O_3 - SiC - C$  свідчить про

індивідуальну залежність реологічних характеристик мас і фізико-хімічних властивостей бетону від виду і зернового складу заповнювача, кількості і мінералогічного складу алюмінаткальцієвого цементу, природи і вмісту мінеральних і водоредуруючих добавок (мікрокремнезем, реактивний глинозем, дефлокулянти, пластифікатори), параметрів термічної обробки, які забезпечують формування щільної і міцної та шлакостійкої структури бетону.

Важливим фактором, що впливає на високотемпературні процеси спікання, синтезу нових фаз і формування міцної низькопористої структури бетонів, є окислення вуглецьвміщуючих компонентів і карбїду кремнію. Оскільки окислення карбїду кремнію протікає по поверхні зерен, то інтенсивність цього процесу певною мірою визначається розміром зерен, і вибір раціонального гранулометричного складу карбїду кремнію має важливе значення для технології отримання низькоцементних бетонів системи  $Al_2O_3 - SiC - C$  з комплексом заданих фізико-хімічних показників властивостей.

**Аналіз останніх досліджень.** Відомо застосування у складі полімінеральних бетонних сумішей низькоцементних вогнетривких бетонів карбїду кремнію або карбїдкремнійвміщуючого регенерату з розміром зерен 3 – 0 мм, причому зерновий склад останнього представлено переважно зернами фракцій 2,5 – 1 мм, 1 – 0,5 мм і 0,5 – 0,063 мм [7]. Згідно до розробки [11] рекомендовано використання карбїду кремнію фракції менше 150 мкм при співвідношенні зерен фракцій 100 – 150 мкм і менше 50 мкм, як 3 : 1.

Використання у складі карбїдкремнієвого бетону порошоків чорного карбїду кремнію різної дисперсності дозволило отримати бетон, в якому в результаті високотемпературних процесів на поверхні дрібнодисперсних зерен карбїду синтезується речовина з окисленого SiC і скла кальційалюмінатного складу, яка цементує структуру бетону і запобігає подальшому окисленню зерен SiC [5]. Авторами [12] запропоновано механізм утворення при температурі 1300 °C евтектичного розплаву, який є результатом взаємодії діалюмінату кальцію з  $SiO_2$  – продукту окислення SiC, що інтенсифікує формування керамічної структури бетонної маси внаслідок комбінованого спікання у твердій і рідинній фазі.

Таким чином, зерновий склад карбїду кремнію суттєво впливає на фізико-хімічні процеси структурно-фазових перетворень в бетонах в умовах температур служби і, як наслідок, визначає експлуатаційний ресурс монолітних футеровок жолобів доменних печей.

**Постановка задачі.** Метою проведеної роботи є визначення впливу гра-

нулометричного складу карбиду кремнію на змінення показників властивостей низькоцементних бетонів системи  $Al_2O_3 - SiC - C$  при температурах термообробки 110 °С, 1100 °С і 1450 °С.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження проводили на зразках, які сформовані з бетонних мас вологістю 5,2 – 5,6 %, що містять 20 % карбиду кремнію і відрізняються вмістом зерен SiC фракцій 2 – 1 мм, 1 – 0,5 мм, 0,5 – 0,063 мм і менше 0,063 мм. Речовинний склад бетонних мас представлено в таблиці.

Таблиця

Речовинний склад бетонних мас

Найменування компонентів	Номер складу			
	1	2	3	4
Електрокорунд фракції 6 – 0 мм	+	+	+	+
Цемент "Gorkal-70"	+	+	+	+
Реактивний глинозем	+	+	+	+
Вуглецьвміщуючий матеріал	+	+	+	+
Антиоксидант	+	+	+	+
Карбід кремнію:				
фракція 2 – 1 мм	+			
фракція 1 – 0,5 мм	+	+		+
фракція 0,5 – 0,063 мм		+	+	+
фракція менше 0,063 мм			+	+
Мінеральні та хімічні добавки пластифікаторів та дефлокулянтів	+	+	+	+

Експериментальні зразки-куби з ребром 70 мм виготовляли методом вібраційного формування в розбірні металеві форми при частоті 60 Гц, які після твердіння на повітрі протягом 2-х діб термообробляли при 110 °С, 1100 °С і 1450 °С з витримкою 24, 3 і 5 годин відповідно. Показники властивостей бетонів: уявну щільність і відкриту пористість, границю міцності при стиску визначали відповідно до вимог стандартів ГОСТ 2409-95, ГОСТ 4071.1-94.

Представлені на рисунку графічні залежності показників властивостей бетонних зразків від зернового складу SiC свідчать про суттєвий вплив максимального розміру зерен карбиду кремнію і співвідношення різних фракцій, що використовуються. Мінімальні значення уявної щільності бетону після сушки при 110 °С відповідають бетонним зразкам, що містять зерна карбиду кремнію крупних фракцій 2 – 1 мм, 1 – 0,5 мм (рисунку а). Зменшення розмі-

ру зерен SiC (склад № 2 і 3) позитивно впливає на підвищення уявної щільності зразків до 2,85 – 2,92 г/см<sup>3</sup> і механічної міцності до 41,3 і 46 Н/мм<sup>2</sup> (рисунку в), зниження відкритої пористості на 0,74 – 1,71 % (рисунку б).

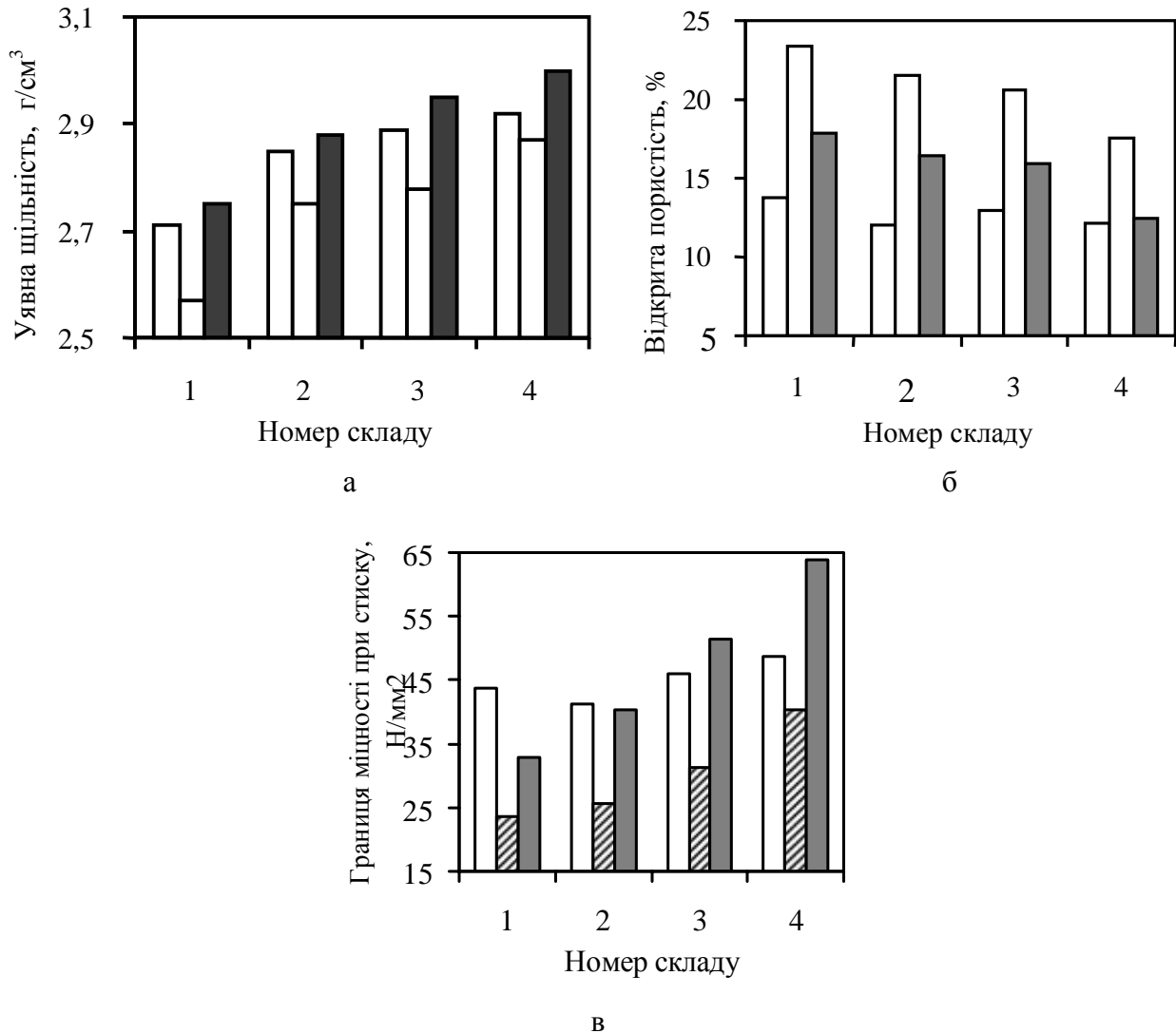


Рис. – Залежність уявної щільності (а), відкритої пористості (б), границі міцності при стиску (в) бетону від зернового складу SiC, температура термообробки бетону:

□ – 110 °C; ▨ – 1100 °C; ■ – 1450 °C

**Висновки.** В результаті проведених досліджень встановлено, що зменшення розміру зерен карбиду кремнію позитивно впливає на процеси ущільнення низькоцементних бетонів системи  $Al_2O_3 - SiC - C$  при вібраційному формуванні та забезпечує в умовах високих температур розвиток процесів фазо- та структуроутворення, які сприяють формуванню низькопористої міцної структури бетону.

На підставі отриманих експериментальних досліджень встановлено до-

цільність використання у складі карбідкремнійвміщуючого бетону карбиду кремнію з розміром зерен менше 1 мм при переважному вмісті і певному співвідношенні фракцій 0,5 – 0,063 мм і менше 0,063 мм.

**Список літератури:** 1. *Аксельрод Л.М.* Огнеупорные бетоны нового поколения в производстве чугуна и стали / *Л.М. Аксельрод* // Огнеупоры и техническая керамика. – 1999. – № 8. – С. 35 – 41. 2. *Звягин К.А.* Применение низкоцементных тиксотропных корундовых бетонных смесей в агрегатах черной металлургии / *К.А. Звягин, А.А. Бойкова* // Огнеупоры и техническая керамика. – 2003. – № 10. – С. 20 – 21. 3. *Шуляков Г.И.* Опыт использования желобных масс различных марок в доменном производстве ОАО НЛМК / [*Г.И. Шуляков, Э.М. Щеглов, С.С. Ляпин и др.*] // Новые огнеупоры. – 2008. – № 9. – С. 8 – 11. 4. *Рожков Е.В.* Производство и служба высокоглиноземистых керамбетонов. Свойства и служба виброналивных масс на основе модифицированных ВКВС боксита в желобах доменных печей / [*Е.В. Рожков, Ю.Е. Пивинский, М.З. Нагинский и др.*] // Огнеупоры и техническая керамика. – 2001. – № 5. – С. 37 – 44. 5. *Каменских В.А.* Карбидкремниевые огнеупорные бетоны / [*В.А. Каменских, И.Д. Кащеев, Н.А. Митюшев и др.*] // Новые огнеупоры. – 2005. – № 12. – С. 36 – 39. 6. *Сыртланов Р.Р.* Опыт использования виброналивных керамбетонных масс в футеровке желобов доменных печей ОАО ЧМК / [*Р.Р. Сыртланов, В.И. Антонов, В.Л. Андреев и др.*] // Новые огнеупоры. – 2006. – № 4. – С. 83 – 85. 7. *Борзов Д.Н.* Разработка низкоцементных огнеупорных бетонов системы  $Al_2O_3 - SiC - C$  / *Д.Н. Борзов* // Огнеупоры и техническая керамика. – 2002. – № 4. – С. 83 – 87. 8. *Крикунов Б.П.* Применение корундокарбидкремниевой тиксотропной желобной массы производства ОАО "УкрНИИО им. А.С. Бережного" для изготовления и ремонта наливного рабочего слоя футеровки качающегося желоба доменной печи / [*Б.П. Крикунов, А.И. Дрейко, Д.В. Колесников и др.*] // Сб. науч. тр. ОАО "УкрНИИО им. А.С. Бережного". – 2009. – № 109. – С. 40 – 45. 9. *Алтун А.* Исследование коррозионного поведения самоотечных бетонов в доменных шлаках / *А. Алтун, С. Акпинар, Х. Пала* // Огнеупоры и техническая керамика. – 2009. – № 11 – 12. – С. 63 – 66. 10. *Скуратов М.А.* Литые (саморастекающиеся) керамбетоны. Растекаемость формовочных систем и некоторые свойства муллитокорбидкремниевых керамбетонов / *М.А. Скуратов, Ю.Е. Пивинский* // Новые огнеупоры. – 2001. – № 1. – С. 25 – 31. 11. Пат. 83754 Україна МПК7 C04B 35/66, C04B 35/10, C04B 33/22, C04B 14/32. Вогнетривка маса "NRG – БЕЛОКАМИТ – ДЖ" для футеровки жолобів доменних печей / *Огородній Д.В., Романовський Л.Б.* – № а200613925; заявл. 27.12.06; опубл. 11.08.08, Бюл. № 15. 12. *Шевченко С.В.* Повышение эффективности применения огнеупорных желобных масс в доменном цехе ОАО ММК / [*С.В. Шевченко, А.Н. Никифоров, Л.Б. Новоселова и др.*] // Огнеупоры и техническая керамика. – 2007. – № 11. – С. 32 – 34.

*Надійшла до редколегії 19.07.11.*