

УДК 691.5

*О.П. Бондаренко, к.т.н., доцент, КНУБА,
м. Київ*

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЛУЖНОГО ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

АНОТАЦІЯ

В роботі проведено комплексне дослідження кінетики набору міцності, фазового складу і порової структури лужного шлакопортландцементу, а також можливість його використання.

Ключові слова: лужний шлакопортландцемент, комплексні добавки, лужний компонент, цементний камінь, порова структура.

Портландцемент ще довгий час, незважаючи на екологічну небезпеку його виробництва, за світовим прогнозом фахівців буде залишатися головною в'язучою речовиною, що використовується у будівництві [1]. Усвідомлення зазначеної проблеми приводить до необхідності пошуку шляхів покращення екології докільця за рахунок створення еко-технологій отримання як в'язучих речовин, так і бетонів на їх основі [2]. Одним із напрямків розв'язання вищевказаної проблеми є використання пуцоланових та композиційних цементів, шлакопортландцементів [3]. Однак застосування в складі зазначених цементів підвищеної кількості техногенної сировини зазвичай призводить до зміни складу новоутворень, а відповідно, і структури матеріалу, що супроводжується значним погіршенням експлуатаційних властивостей бетону [4, 5].

Ось чому необхідною є розробка нових концептуальних положень формування складу та структури штучного каменю, що містить в своєму складі, крім портландцементного клінкеру, підвищену кількість техногенної сировини, але при цьому не поступається за своїми властивостями бетону, отриманому на основі чистого портландцементу.

Метою роботи була розробка лужного шлакопортландцементу, модифікованого комплексними добавками, та встановлення перспектив його використання.

При проведенні досліджень були використані шлако-клінкерні суміші з вмістом в них до 60% шлаку, модифіковані комплексом добавок (гідрофобізатор — лужний компонент — водоредукуючий компонент), виготовлені за технологією

сумісного помелу всіх компонентів в'язучої речовини та наступного їх замішування водою.

Для визначення оптимального складу комплексних добавок для модифікації шлакопортландцементних в'язучих речовин та встановлення можливості подальшого використання останніх у різних галузях будівництва попередньо було проведено дослідження щодо встановлення марки розроблених в'язучих речовин згідно з ГОСТ 310.4.

Аналізуючи отримані дані можна відмітити, що при модифікації шлакопортландцементної композиції метасилікатом натрію та водоредукуючою добавкою полікарбоксилатного складу міцність при стиску зразків цементно-піщаного розчину зростає порівняно із контрольними зразками на основі немодифікованих в'язучих систем. Після 28 діб твердіння при введенні, крім метасилікату натрію, ще й водоредукуючого компонента до складу комплексної добавки, міцність шлакопортландцементних композицій перевищує 60 МПа.

При розробці лужних шлакопортландцементів є важливим визначення взаємозв'язку "склад в'язучої речовини — структура цементного каменю — властивості отриманого матеріалу". З цією метою було досліджено вплив комплексних добавок на фазовий склад новоутворень, зміну порової структури та властивості отриманого штучного каменю. Фазовий склад новоутворень визначали за допомогою комплексу фізико-хімічних методів, що включав рентгенофазовий, комплексний диференційно-термічний і термогравіметричний аналізи, електронно-мікроскопічний і зондовий мікроаналіз (виконані на приладах НДІВМ КНУБА); оцінку параметрів порової структури — розміри, об'єм та розподіл пор за розмірами — проводили методом термoporометрії на приладах кафедри фізико-хімічної механіки та технології бетону ХДТУБА. Результати проведених досліджень представлено у таблицях 1 та 2.

Як показали результати проведених досліджень, введення водоредукуючого компонента до складу лужного шлакопортландцементу забезпечує формування мікроструктури цементного каменю з дискретною системою мікропор, що представлена переважно гелевими порами, середній діаметр яких на 1 добу лежить в межах 3,9...6,0 нм, а на 7 добу — 4,1...6,1 нм, тоді як інтервал розподілу мікропор для немодифікованих шлакопортландцементних систем лежить в межах 5,6...14 нм — на 1 добу та 2,3...3,2 нм і 3,3...4,3 нм — на сьому добу

Таблиця 1. Результати дослідження мікропористості штучного каменю на основі модифікованих шлакопортландцементних в'язучих речовин

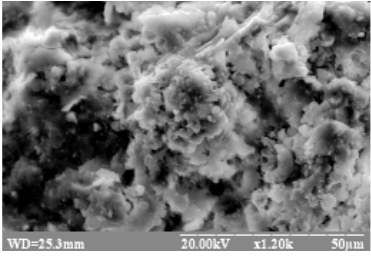
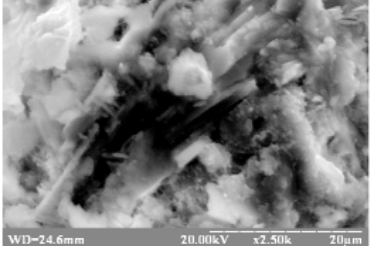
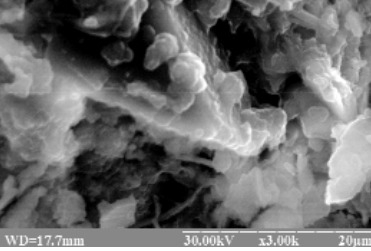
№ з/п	Склад в'язучої системи, % мас.	Області розподілу пор, нм, у віці діб		Об'єм мікропор см ³ /г, у віці діб	
		1	7	1	7
1	40% п/ц клінкеру + 60% шлаку + 3,5% гіпсу	5,6...14	2,3...3,2; 3,3...4,3	0,03	0,05
2	40% п/ц клінкеру + 60% шлаку + 3% метасилікату натрію	2,2...4,1; 4,2...11	1,9...3,7; 3,7...4,1; 4,9...5,7	0,27	1,12
3	40% п/ц клінкеру + 60% шлаку + 3% метасилікату натрію + 0,6% "Melflux"	3,9...6,3	3,8...6,0	0,03	0,3

(таблиця 1). Утворення дослідженого типу мікроструктури обумовлює прискорену швидкість синтезу міцності штучного каменю, яка на 2 добу сягає 30 МПа, а на 28 добу – 60,4 МПа. При цьому активація шлакопортландцементу лужною складовою та водоредукуючою добавкою забезпечує зниження основності утворених продуктів гідратації: CaO/SiO₂=1,18...1,3, тоді як для шлакопортланд-

цементу без добавок ця величина становить 2,1...2,5, а для шлакопортландцементу, модифікованого тільки добавкою лужного компонента, – відношення CaO/SiO₂=1,3...1,63 (таблиця 2).

При введенні лужного компонента має місце прискорення процесу гідратації доменного гранульованого шлаку та інтенсифікація процесу зв'язування портландиту у низькоосновні гідро-

Таблиця 2. Результати дослідження фазового складу новоутворень штучного каменю на основі шлакопортландцементних в'язучих речовин, модифікованих комплексними добавками

№ з/п відповідно до табл. 1	Електронні мікрофотографії поверхні сколу штучного каменю	Значення основності продуктів гідратації	Основні новоутворення
1	 WD=25.3mm 20.00kV x1.20k 50µm	2,1...2,5	портландит; гідросилікати кальцію; кальцієвий хондродит
2	 WD=24.6mm 20.00kV x2.50k 20µm	1,3...1,63	портландит; гідросилікати кальцію; ніксоліт; кальцієвий хондродит
3	 WD=17.7mm 30.00kV x3.00k 20µm	1,18...1,3	гідросилікати кальцію; ніксоліт; скоутит; афвіліт; тоберморит; гідроалюмосилікати



а



б



в



г

Рис. 1. Приклади можливого використання лужного шлакопортландцементу: а — при монолітному будівництві; б — при зведенні будівель і споруд спеціального призначення; в — при гідротехнічному будівництві; г — при проведенні реставраційних робіт

силікати кальцію, причому відбувається не тільки зміна кількості утворених гідросилікатних фаз, але й змінюється їх морфологія, що в свою чергу впливає на формування мікроструктури штучного каменю та на зміну його фізико-механічних характеристик. Формування щільної структури модифікованого лужного шлакопортландцементу досягається за рахунок переважного синтезу зрощених між собою волокнистих низькоосновних гідросилікатів кальцію, в той час як структура каменю, отриманого на основі звичайного шлакопортландцементу представлена переважно рентгеноаморфною масою з включеннями хондродіту та інших гідросилікатних сполук (таблиця 2). При введенні розробленої комплексної добавки до складу шлакопортландцементу має місце майже повне зв'язування лужного компонента в термодинамічно-

стійкі гідроалюмосилікатні фази, що забезпечує синтез штучного каменю з покращеними експлуатаційними характеристиками.

Згідно з результатами фізико-хімічного аналізу фазовий склад новоутворень досліджених шлакопортландцементних в'язучих систем представлений переважно низькоосновними гідросилікатами кальцію (CSH (В), тоберморитом, афвілітом, піктолітом, скоутитом), а також можливе утворення рентгеноаморфних гідроалюмосилікатів (таблиця 2).

Таким чином, аналіз отриманих даних кінетики набору міцності, комплексного дослідження фазового складу новоутворень та порової структури лужного шлакопортландцементу, модифікованого комплексними добавками, свідчить про можливість їхнього використання при зведенні будівель і споруд спеціального призначення (гідро-

технічне будівництво, дорожні бетони тощо), для виробництва бетонів високої якості з максимальним вмістом відходів металургійної промисловості, а також при проведенні реставраційних та ремонтних робіт в різних кліматичних зонах. Приклади можливого використання лужного шлакопортландцементу наведені на рисунку 1. При цю технологія виробництва лужного шлакопортландцементу дозволяє отримувати суміш шлаку, клінкеру, лужного компонента, гідрофобізуючої та водоредукуючої добавок у сухому стані з подальшим замішуванням водою, що характеризується підвищеним терміном зберігання.

Висновки

1. Визначено синергетичний вплив сумісної дії добавок на основність утворених гідросилікатів кальцію і встановлено, що вона знижується від $\text{CaO/SiO}_2=2,1\dots2,5$ (для вихідного шлакопортландцементу) до $1,18\dots1,3$ (для системи: шлакопортландцемент + лужний компонент + водоредукуючий компонент).

2. Встановлено взаємозв'язок процесів формування фазового складу новоутворень і синтезу властивостей цементного каменю і показано, що прискорена кінетика набору міцності пов'язані з формуванням низькоосновних гідросилікатів кальцію (CSH (В), тобермориту, афвіліту, піктоліту, скоутиту) та термодинамічностійких гідроалюмосилікатних фаз.

3. Розкрито механізм направленої формування порової структури і властивостей штучного каменю на основі лужних шлакопортландцементів, оптимальні умови для якої створюються при введенні водоредукуючого компонента до складу комплексної добавки за рахунок утворення гелевих пор, середній діаметр яких змінюється в вузькому діапазоні на 1 добу твердіння (3,9...6,0 нм) та майже не підлягає суттєвим змінам через 7 діб (4,1...6,1 нм). Це сприяє утворенню цементного каменю з підвищеними міцнісними характеристиками (через 2 доби — 30 МПа, 28 діб — 60,4 МПа).

4. Отримані лужні шлакопортландцементи, модифіковані комплексними добавками, можуть бути рекомендовані до використання при отриманні довговічних бетонів для зведення будівель і споруд спеціального призначення (гідротехнічне

будівництво, дорожні бетони тощо), для виробництва бетонів високої якості з максимальним вмістом відходів металургійної промисловості, а також при проведенні реставраційних та ремонтних робіт в різних кліматичних зонах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dhir R.K. *Cement: a question of responsible for durable concrete / Proceeding of the Intern. Confer. Held at the University of Dundee, Scotland, Thomas Telford, 07.07., 2005.* — P. 1-12.

2. Сердюк Т.В. *Енергозбереження як фактор поліпшення екологічної ситуації в Україні // Строительные материалы и изделия, 2002.* — №3. — С. 24-26.

3. Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Бондаренко О.П. *Дослідження особливостей синтезу міцності штучного каменю на основі лужного шлакопортландцементу // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.* — Одеса: "Зовніш-рекламсервіс", 2007. — Вип. 27. — С. 277-283.

4. Кривенко П.В., Пушкарева Е.К. *Долговечность шлакощелочного бетона.* — К.: Будівельник, 1993. — 224 с.

5. Глуховский В.Д. *Избранные труды.* — К.: Будівельник, 1992. — 208 с.

АННОТАЦИЯ

В работе проведено комплексное исследование кинетики набора прочности, фазового состава и поровой структуры щелочного шлакопортландцемента, а также показана возможность его использования.

Ключевые слова: щелочной шлакопортландцемент, комплексные добавки, щелочной компонент, цементный камень, поровая структура.

ANNOTATION

In work complex study of the development strength, phase composition and the structure of pores of alkaline blastfurnace cement were explored, and possibility of its use for reception.

Keywords: alkaline resistant slag Portland cement, complex supplements, alkaline component, cement stone, porous structure.