

ЕФЕКТИВНІСТЬ ДІЇ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН В ЛУЖНИХ ЦЕМЕНТНИХ ПАСТАХ

Гоц В.І., д.т.н., проф., Рунова Р.Ф., д.т.н., проф.,
Руденко І.І., к.т.н., с.н.с., Ластівка О.В., асп., Говдун Я.О., студ.

*Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів
ім. В.Д. Глуховського
Київський національний університет будівництва і архітектури*

Одною з особливостей у зведенні монолітних конструкцій є необхідність використання рухомих і високорухомих бетонних сумішей, які перекачують на задану висоту та відстань для влаштування безбалочних перекриттів та конструкцій з густим армуванням [1]. Ефективним засобом поліпшення технологічних характеристик бетонних сумішей і підвищення фізико-механічних властивостей бетонів з одночасним зниженням впливу енергетичних чинників на процес виконання будівельних робіт є використання добавок поверхнево-активних речовин (ПАР) [2]. Існує широка номенклатура ПАР, які дозволяють підвищити якість, довговічність і економічність бетонів [3]. Проте, необхідність обґрунтування вибору ПАР обумовлена вибіркоким характером модифікуючого ефекту дії, що залежить не тільки від природи основної діючої речовини добавки, але й від хімічного і мінералогічного складу цементу, тонкості його помелу, вмісту сполук лужних металів у складі цементу [4]. Особливості композиційної побудови лужних цементів не дозволяють однозначно з використанням тільки відомих типів пластифікуючих добавок управляти технологічними характеристиками лужних бетонних сумішей і пов'язані зі зміною структури модифікуючої добавки в високолужному середовищі [5].

Метою роботи є дослідження ефективності дії основної речовини ПАР різної природи на структуроутворення лужного шлаковміщуючого цементного тіста як матриці при формуванні властивостей бетонної суміші і бетону.

Сировинні матеріали і методи досліджень.

Оптимізацію використаних складів лужного цементу (згідно ДСТУ Б В.2.7-181) попередньо виконано за допомогою реалізації двофакторного плану експерименту (табл. 1) при вмісті доменного гранульованого шлаку як алюмосилікатного компоненту від 50 до 100%.

В лужному шлаковміщуючому цементі (ЛШЦ) було використано гранульований доменний шлак виробництва ПАТ «ММК ім. Ілліча» (далі за текстом – шлак) з модулем основності $M_0=1,1$ і питомою поверхнею $450 \text{ м}^2/\text{кг}$ (за приладом Блейна), портландцементний клінкер виробництва ПАТ «Миколаївцемент» CRH Group. Як лужні компоненти ЛШЦ використовували соду кальциновану технічну (Na_2CO_3) та п'ятиводний метасилікат натрію ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). При виготовленні ЛШЦ за технологією «все в одному» обов'язковим є введення до його складу лігносульфонату натрію (ЛСТ) для забезпечення задовільних термінів тужавлення і активності.

Табл.1 – Склади лужного шлаковміщуючого цементу

№ складу	Співвідношення компонентів в цементі, %				
	Шлак	Клінкер	Na_2CO_3	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	ЛСТ
1	50	50	2	-	1
2	50	50	-	3	1
3	69	31	2,5		1
4	69	31	-	3,5	1
5	88	12	3	-	1
6	88	12	-	4	1
7	100	-	4,5	-	1
8	100	-	-	6	1

В ролі модифікуючих добавок, що формують разом з ЛСТ комплексну добавку (КД), використано: «Дунапон SR-2» (фірма «Марей») – на основі поліакрилатних ефірів (тип «ПА»), Stachement 2572 (фірма «Stachema») – на основі полікарбоксилатних ефірів (тип «ПК»), «Mapetard SD 2000» (фірма «Марей») – на основі глюконату натрію ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{NaO}_7$), поліетиленгліколь ($\text{HOCH}_2(\text{CH}_2\text{OCH}_2)_n\text{CH}_2\text{OH}$). Таким чином, як компоненти КД використано ПАР принципово різної природи трьох типів: 1 – на основі складних ефірів (типи «ПА» і «ПК»); 2 – на основі простих ефірів (поліетиленгліколь); 3 – сіль органічної кислоти (глюконат натрію). Вказані добавки використовували у вигляді розчинів і вводили з водою замішування у кількості 1,5 % від маси цементу.

Для визначення ефективності впливу природи основної діючої речовини ПАР на зміну значень граничного напруження зсуву ЛШЦ побудовано гістограми, що характеризують зміни початкової пластичної міцності та тривалості індукційного періоду

структурування цементних паст при змінних співвідношенні клінкерної і шлакової складових, виду і вмісту лужного компоненту. Відомо, що закономірності впливу ПАР на початкову пластичну міцність, тривалість індукційного періоду та швидкість послідуочого набору пластичної міцності цементних паст (критерієв ефективності) як показників зміни граничного напруження зсуву є основою для управління реологічними властивостями модифікованих бетонних сумішей для монолітного будівництва в напрямку отримання бетонної суміші заданої консистенції, збереження її в часі та забезпечення ранньої міцності бетону. Дослідження зміни початкової пластичної міцності та тривалості індукційного періоду модифікованих цементних паст в часі виконували за допомогою методу пластометрії [6]. Консистенція контрольного складу (без хімічних добавок) відповідала нормальній густоті цементного тіста.

Дана робота є продовженням досліджень [7] при доведенні вмісту шлаку в лужному цементі до 100 % і враховує кореляційну залежність між реологічними властивостями бетонної суміші (рівень макроструктури) і цементної пасти (рівень мікроструктури) як в'язкопружних тіл при їх модифікації ПАР різної природи діючої речовини.

Результати досліджень. Виявлено, що ефективність модифікації лужного ЛШЦ шляхом введення КД *на основі складних ефірів* залежить від композиційного складу цементу. Так, добавка даного типу втрачає свою ефективність при збільшенні вмісту шлаку і відповідно лужного компоненту в цементі. При 50 % шлаку в складі алюмосилікатного компоненту ЛШЦ та 2 % Na_2CO_3 пластифікуючий ефект дії КД підтверджується зменшенням значень початкової пластичної міцності до 10–11 Па у порівнянні з контрольним складом – 50 Па (рис. 1). Введення добавки дозволяє розширити тривалість індукційного періоду до 2 год, з подальшим різким підвищенням пластичної міцності (рис.2). Найбільше розширення тривалості індукційного періоду (до 3 год) спостерігається при використанні $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ в цементі. Проте збільшення вмісту шлаку до 69 % та відповідне підвищення лужного компоненту в цементі визначає зменшення пластифікуючого ефекту дії добавки (збільшується початкова пластична міцність) та скорочення тривалості індукційного періоду цементних паст до 1 год:50 хв. В системі з вмістом 88 % шлаку індукційний період скорочується до 1 год:40 хв. При максимальному вмісті шлаку (100 %) та відповідному збільшенні лужного компоненту в цементі тривалість індукційного періоду складає від 1 год:25 хв до 30 хв в залежності від виду лужного компоненту в цементі. При заміні в складі цементу $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ на Na_2CO_3 спостерігається зниження початкової пластичної міцності та

скорочення тривалості індукційного періоду модифікованих цементних паст.

Виявлено зниження ефективності дії добавок на основі складних ефірів в ЛШЦ при збільшенні вмісту шлаку та відповідному збільшенні вмісту лужного компоненту в цементі, що пов'язано із змінами в молекулярній структурі добавок при підвищенні концентрації іонів лужних металів в цементній пасті – відривом головного ланцюга (акрилатні, карбоксилатні групи), який адсорбується на поверхні мінеральних часток цементу, від бічних ланцюгів (ефіри). Відповідно, стеричний ефект дії добавок цього типу знижується.

На противагу до складних ефірів, ефективність дії ПАР представлених простими ефірами в складі КД підвищується із збільшенням вмісту шлаку в складі алюмосилікатного компоненту та луку в цементі (рис.1, в). Так, при 50 % шлаку та використанні Na_2CO_3 спостерігається низький пластифікуючий ефект дії добавки, із збереженням тривалості індукційного періоду в межах 20 хв (рис. 1, 2). Підвищення вмісту шлакової складової до 69 – 88 % та відповідне збільшення лужного компоненту в цементі, дозволяє збільшити пластифікуючий ефект дії добавки, що сприяє зниженню початкової пластичної міцності до 32–22 Па та подовжити тривалість індукційного періоду цементних паст до 1 год:00 хв – 1 год:10 хв. При максимальному вмісті шлаку (100 %) тривалість індукційного періоду подовжується до 1 год:30 хв, що дає можливість вважати добавку на основі простих ефірів більш стійкою до дії лужного середовища, ніж добавки на основі складних ефірів. Слід зазначити, що використання $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ натрію в цементі викликає зниження пластифікуючого ефекту дії КД при подовженні тривалості індукційного періоду цементних паст в усьому діапазоні вмісту шлаку.

Найбільший вплив на зниження початкової пластичної міцності та збереження індукційного періоду в цементному тісті відмічено при модифікації ЛШЦ добавкою на основі солі органічної кислоти. Так, при 50 % шлаку та використанні $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ спостерігається максимальне зниження початкової пластичної міцності (до 5 Па) та розширення тривалості індукційного періоду цементних паст до 2 год:30 хв. Підвищення вмісту шлаку та відповідне збільшення вмісту лужного компоненту істотно не впливає на зниження пластифікуючого ефекту дії добавки, проте помітно прискорює нарощування пластичної міцності цементного тіста. Так при 69 % шлаку тривалість індукційного періоду становить 2 год:55 хв, при 88 % шлаку – 2 год:10 хв, при 100 % шлаку – 1 год:55 хв. При цьому заміна $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ на Na_2CO_3 в

складі цементу в діапазоні вмісту шлаку 50 – 100% призводить до скорочення тривалості індукційного періоду пасти модифікованого ЛШЦ.

Таким чином, в залежності від композиційного складу ЛШЦ розглянуті ПАР за ефективністю дії природи їх основної речовини можна розподілити наступним чином:

- за впливом на *початкову пластичну міцність*:
при вмісті шлаку 50 – 69 % : солі органічних кислот > складні ефіри > прості ефіри;
при вмісті шлаку 88 – 100 %: солі органічних кислот > прості ефіри > > складні ефіри.
- за впливом на *тривалість індукційного періоду*:
при вмісті шлаку 50 – 69%: солі органічних кислот > складні ефіри > прості ефіри;
при вмісті шлаку 88 – 100 %: солі органічних кислот > прості ефіри > складні ефіри .

При цьому спостерігається кореляція між реологічними властивостями модифікованих паст ЛШЦ і бетонних сумішей на основі ЛШЦ [7], що характеризують зміну значень їх граничного напруження зсуву як в'язко-пружних тіл – зменшення рухомості (ОК) бетонних сумішей та зниження збереженості їх консистенції супроводжується збільшенням значень початкової пластичної міцності та скороченням тривалості індукційного періоду цементних паст.

Узагальнюючи результати досліджень можна константувати, що можливість регулювання пластичної міцності цементного тіста (рівень мікроструктури) визначає способи управління структуроутворенням бетонної суміші (рівень макроструктури) – регулювати консистенцію, термін її збереження на заданому рівні при формуванні функціональних властивостей бетону, регламентованих умовами призначення.

Заключення

Ефективність дії ПАР з врахуванням природи основної речовини на граничне напруження зсуву цементних паст на основі ЛШЦ змінюється в залежності виду лужного компоненту, вміст якого визначається співвідношенням між клінкером і шлаком в складі цементу. Збільшення вмісту шлаку при відповідному підвищенні вмісту лужного компоненту в цементі визначає підвищення ефективності дії ПАР на основі простих ефірів і поступове зменшення ефективності дії ПАР на основі складних ефірів, які є найбільш ефективними в традиційних клінкерних цементах загальнобудівельного призначення.

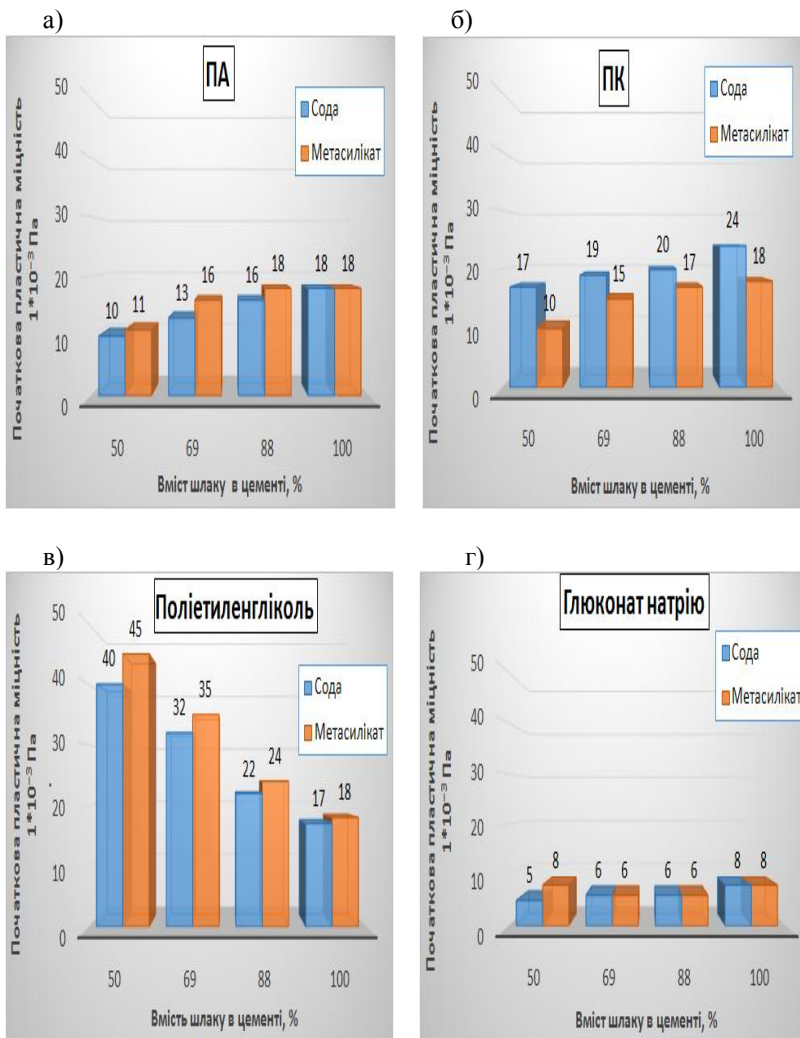


Рис. 1. Зміна початкової пластичної міцності лужних шлаковміщуючих цементних паст в залежності від природи основної діючої речовини ПАР: а – тип «ПА», б -тип «ПК», в – поліетиленгліколь, г – глюконат натрію.

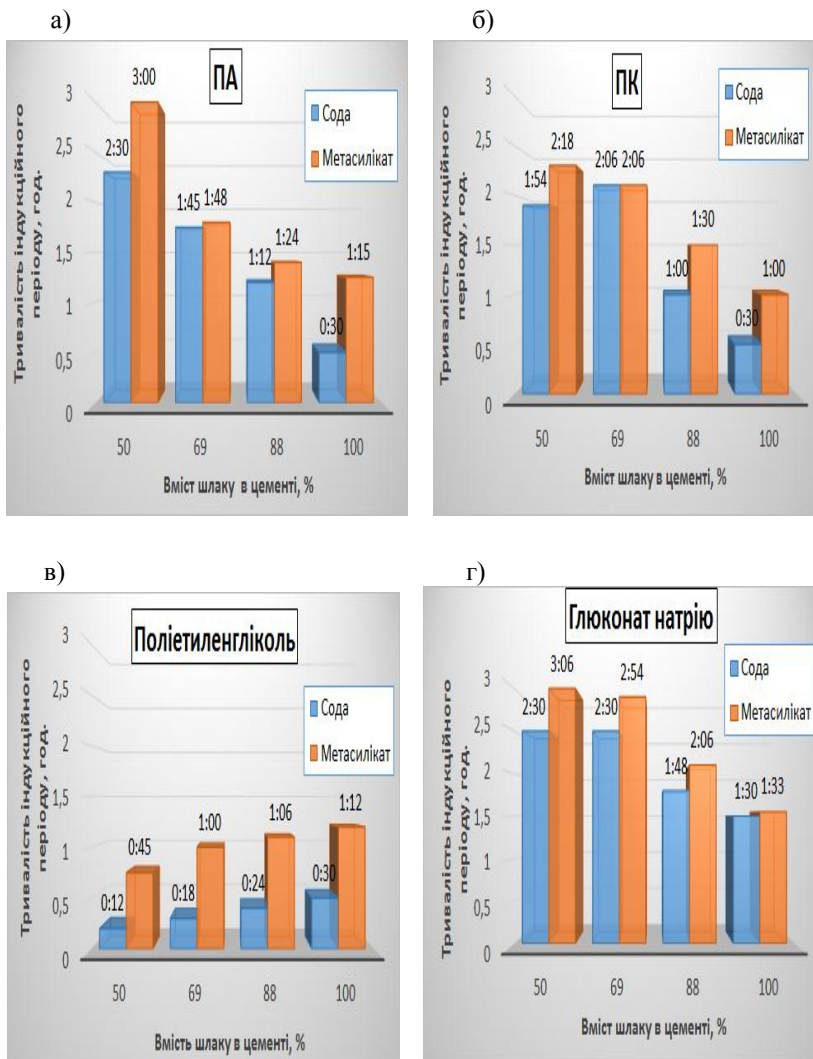


Рис. 2. Зміна тривалості індукційного періоду лужних шлаковміщуючих цементних паст в залежності від природи основної діючої речовини ПАР: а – тип «ПА», б -тип «ПК», в – поліетиленгліколь, г – глюконат натрію.

Summary

The efficiency action SAA to change the limiting shear stress cement paste of alkaline slag content cements depending on content of the clinker and slag component, the type and content of alkali component in cement and the nature main active substance addition.

Література

1. Вильман Ю.А. Технология строительных процессов и возведение зданий/Современные прогрессивные методы. - М., Ассоциация строительных вузов. 2008
2. Пилипенко О.С., Суруп В.Ю., Пашина Л.Д., Кривенко П.В., Рунова Р.Ф., Руденко І.І. Використання пластифікаторів для зниження витрати цементу в бетонах, які застосовуються у монолітно-каркасному домобудуванні // Будівництво України. - №3, 2003.- с.44-47.
3. Троян В.В. Добавки для бетонів і будівельних розчинів: посібник. – Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2010. – 228 с.
4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – 2-е изд. - М.: Технопроект, 1998. – 768 с.
5. Krivenko P. Alkaline cements, concretes and structures: 50 years of theory and practice / P. Krivenko // Proc. of Materials-Research, Production and Utilization, Česka rozvojova agentura, o.p.s. – Praha: Agentura Action M, 2007. – Praha: Agentura Action M, 2007. – P. 313-331.
6. Дворкін Л.Й., Скрипник І.Г. Фізико-хімічні і фізичні методи досліджень будівельних матеріалів.: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2006. – 220 с.
7. Гоц В.І, Рунова Р.Ф., Руденко І.І., Ластівка О.В. Ефективність дії пластифікаторів в бетонах на основі лужного шлакопортландцементу / Збірник “Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка”. - К., НДІБМВ, 2013. - Вип. 49. - С. 98-103.