

УДК 691.5

ФОРМУВАННЯ ПЛАСТИЧНОЇ МІЦНОСТІ ШЛАКОВМІЩУЮЧИХ ЦЕМЕНТІВ

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ШЛАКОСОДЕРЖАЩИХ ЦЕМЕНТОВ

PLASTIC STRENGTH FORMATION OF SLAG CONTAINING CEMENTS

Рунова Р.Ф д.т.н.,проф., Ластівка О.В., аспірант, Гергалло М.О., студент, Іваненко Б.І., студент (Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Київ)

Рунова Р.Ф д.т.н.,проф., Ластівка О.В., аспірант, Гергалло Н.А., студент, Іваненко Б.Н., студент (Научно–исследовательский институт вяжущих веществ и материалов им. В.Д. Глуховского Киевского национального университета строительства и архитектуры, г. Киев)

Doctor of technical sciences, professor Runova R.F., Lastivka O.V., postgraduate (student), Gergalo M.O., student, Ivanenko B.M., student (V.D. Glukhovskii Scientific research institute on binders and materials Kiev national university of civil engineering and architecture, Kiev)

Наведені результати експериментальних досліджень шлаковміщуючих цементних паст методом пластометрії. Вказанана методика проведення дослідів. Проведено аналіз впливу пластифікаторів на шлаковміщуючі цементні системи.

Приведены результаты экспериментальных исследований шлакосодержащих цементных паст методом пластометрии. Указана методика проведения опытов. Проведен анализ влияния пластификаторов на шлакосодержащие цементные системы.

The results of experimental research of slag containing cement pastes by the method of plastometry. It was shown the method of research. The influence of plasticizers on slag containing cement systems was analyzed.

Ключові слова:

Цемент, пластометрія, напруження, паста, шлак, пластифікатор.
Цемент, пластометрия, напряжение, паста, шлак, пластификатор.
Cement, plastometry, tension, paste, slag, plasticizer.

Вступ. Широке застосування технології монолітного будівництва визначило увагу дослідників до показників реологічних властивостей бетонних сумішей як товарних продуктів з регламентованими вимогами до них. [1,2] Серед таких вимог – покращена легкоукладальність, здатність до транспортування насосами на значні відстані, в тому числі по висоті, збереження консистенції на такому ж рівні, що і визначена при заводському виробництві. Одночасно ефективність будівництва визначається економічними показниками, які пов'язані із забезпеченням зменшення собівартості при високих експлуатаційних характеристиках бетону в конструкції. Саме тому виникає зацікавленість в розширенні засвоєння шлаковміщуючих цементів при отриманні пластифікованих бетонів, які для сучасної технології будівництва є типовими.

Реологічні властивості бетонних сумішей підлягають регулюванню шляхом використання хімічних добавок, перш за все з групи пластифікаторів, ефект дії яких визначається природою основної діючої речовини добавки [3,4]. Теоретичною базою для дослідження таких властивостей можуть служити основні положення фізико-хімічної механіки, яка розповсюджується на теорію тверднення цементів [5]. В такому разі структуроутворення бетонної суміші при її переході з в'язко-пластичного стану до твердого ефективно розглядати, відокремивши розгляд цементної матриці як мікроструктури від мезо- і макроструктури відповідно цементного розчину та бетону, що дозволяє на базі отриманих для цементної системи даних прогнозувати реологічні властивості бетонної суміші.

Структуроутворення шлаковміщуючих цементних систем зі змінним вмістом шлаку в межах від 10 до 90% досліджено за показником граничного напруження зсуву отриманих паст. Граничне статичне напруження зсуву, що входить до залежності Шведова-Бінгама, корелює з пластичною міцністю цементної пасти. Тому зміну пластичної міцності цементних паст в дослідіх прийнято достовірною моделлю рухомості бетонних сумішей і будівельних розчинів для оцінки ефективності рецептурних і технологічних факторів впливу на характеристики мікро-, мезо і макроструктур як в'язко-пружних тіл, а тривалість індукційного періоду – прогнозною оцінкою збереженості реологічних властивостей матеріалів для монолітного будівництва.

Метою даної роботи є визначення реологічних властивостей цементних паст методом пластометрії для їх подальшого кореляційного врахування при отриманні бетонних сумішей із заданими характеристиками.

Матеріали і методи дослідження. Для отримання цементних систем зі змінним вмістом шлаку були використані портландцемент типу ПЦІ-500, мелений до $S_{\text{пит}} = 360 \text{ м}^2/\text{кг}$ шлак доменний гранульований з вмістом склофази 38%. Суміші отримували шляхом ретельного перемішування компонентів у змішувачі типу «Хоборт» при співвідношенні шлак:портландцемент (% за масою) 10:90; 20:80; 30:70; 40:60; 50:50; 60:40; 70:30; 80:20; 90:10. В якості пластифікуючих добавок були використані

продукти поікарбоксилатної природи у вигляді Power flow 2240 (компанія «МС Баухеми») – тип ПК-1, Sika 2508 (компанія «Sika») – тип ПК-2, SR2 (компанія «Mapei») – тип ПА-1.

Пластичну міцність вивчали за допомогою прилада, схема якого наведена на рис.1. Методика дослідження включала приготування цементної пасти при В/Ц = 0,24 для всіх сумішей та визначення граничного статичного напруження зсуву (пластичної міцності) шляхом навантаження конуса різноважками до того моменту, коли конус не досягне заданої глибини занурення h цементного тіста через кожних 0,5 год. вимірювання. Граничне напруження зсуву P_m визначали за формулою:

$$P_m = k \frac{F}{h^2}$$

де k - стала приладу, яка залежить від кута конуса при вершині φ ; F - навантаження, діюче на конус, Н ($\kappaГс$); величина h рівна 5 мм, значення якої підставляють у робочу формулу у системі СІ в м, а для випадку технічної системи одиниць - в см. Таким чином, значення P_m визначається у Па або $\kappaГс/см^2$; співвідношення між цими одиницями вимірювань становить $1 \kappaГс/см^2 = 1 \cdot 10^5 \text{ Па} = 0,1 \text{ МПа}$.

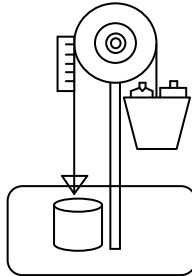


Рис. 1. Схема приладу для визначення граничного статичного напруження зсуву цементної пасти.

Експериментальні результати та їх аналіз. Отримані результати свідчать про те, що збільшення вмісту шлаку в пластифікованих цементних системах супроводжується закономірним збільшенням індукційного періоду незалежно від типу і кількості добавки. Він становить від 2-х год. при вмісті шлаку 10% до до 8 год. при 90% вмісту шлаку. Саме тому для визначення впливу природи добавки на характер зміни пластичної міцності достатньо навести результати для систем, наведених на рис.2,3,4.

Пластограми рис.2 цементної системи з мінімальною кількістю шлаку зафіксували наявність суттєвої різниці в розвитку початкового структуроутворення в залежності від модифікуючої добавки. Так, участь добавки Sika 2508 (рис.2, б) сприяє уповільненню процесу, що визначається подовженим індукційним періодом в порівнянні з дією інших добавок (рис.2, а,в). При цьому помітний вплив дозування добавки: кращий ефект досягається при витраті 1,5% добавки. Характерно, що в такому разі після 2-х

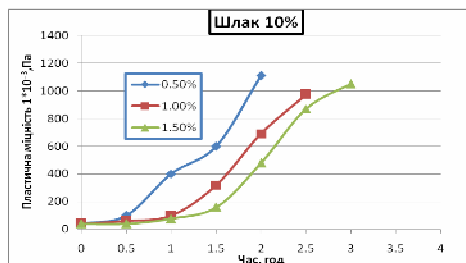
годин фіксується найбільш інтенсивний приріст міцності, ніж при витраті 0,5 і 1,0%. Добавка Power flow 2240 такої ж полікарбоксилатної природи впливає на уповільнення структуроутворення в меншій мірі, але за такою ж залежністю від її витрати. Присутність 0,5% забезпечує довжину індукційного періоду протягом 0,5 год., а дозування 1,5% добавки практично втричі його збільшує. Досить цікавими є результати дослідження системи з добавкою поліакрилату, які демонструють важливість такого фактору, як витрата добавки: при мінімальній витраті 0,5% розвиток процесу структуроутворення підпорядкований фактично гідратації цементної системи з максимальним вмістом клінкерної складової – індукційний період не реєструється горизонтальною гілкою, збільшення витрати до 1,2% супроводжується уповільненням (горизонтальна гілка на пластограмі) до 1,5 год.

Пластограми рис.3. цементної системи з 50% шлаку відбивають виявлену відзнаку від наведених на рис.2 розвитку структуроутворення при використанні тих же пластифікуючих добавок. Так, дія добавок поліакрилатної природи (рис.3, в) стає більш виразною появою подовженого індукційного періоду в межах 3,0 год., після чого постіндукційний період характеризується підвищенням інтенсивності структуроутворення особливо при використанні 1,5% добавки. Подовжується індукційний період і для систем з полікарбоксилатами до 3,0 і 3,5 год., а більша інтенсивність розвитку постіндукційного періоду характерна для пасти за участю Sika 2508.

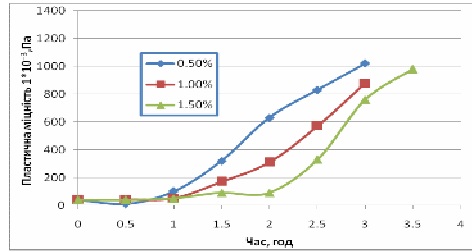
Рисунок 4, який відображає граничне статичне напруження зсуву пасти, що вміщує максимальну кількість шлаку 90%, свідчить про максимальну подібність розвитку процесу за участю розглянутих пластифікаторів. Дещо більш значне подовження індукційного періоду системи за участю добавки Sika 2508 продовжує бути типовим і для цієї цементної системи (рис.4,б)

Слід зауважити різний характер розвитку постіндукційного періоду, який оцінюється інтенсивністю зростання пластичної міцності по куту нахилу кривої (пластограми): чим гостріший кут нахилу кривої тим повільніше система втрачає свою пластичність і навпаки відповідно. Ця характеристика дозволяє передбачати темп зростання міцності бетону при твердненні і відповідно час зняття опалубки елемента монолітної конструкції.

а)



б)



в)

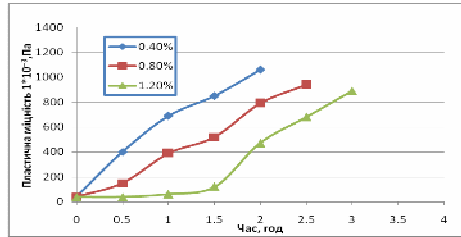
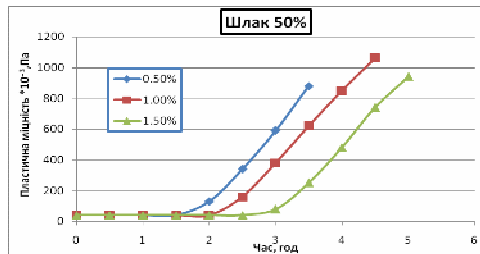
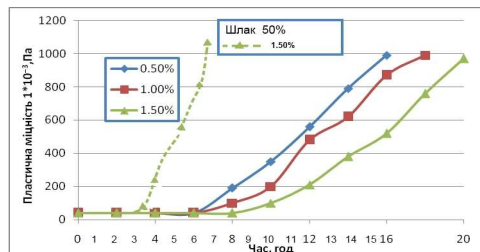


Рис. 2. Залежність пластичної міцності (p_M) цементних паст (вміст шлаку 10%) в часі від витрати добавки ПК-1(а), ПК-2 (б), ПА-1(в).

а)



б)



в)

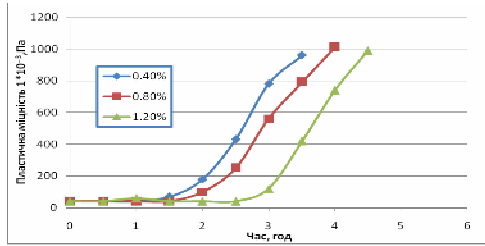
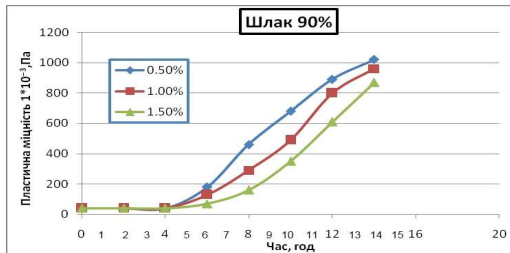
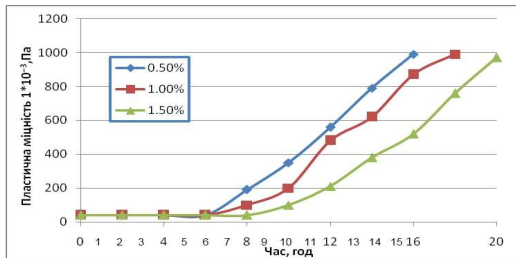


Рис. 3. Залежність пластичної міцності (p_M) цементних паст (вміст шлаку 50%) в часі від витрати добавки ПК-1(а), ПК-3 (б), ПА-1(в).

а)



б)



в)

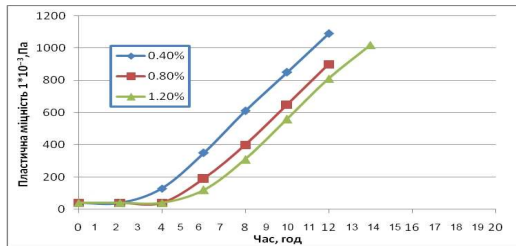


Рис. 4. Залежність пластичної міцності (p_M) цементних паст (вміст шлаку 90%) в часі від витрати добавки ПК-1(а), ПК-2(б), ПА-1(в).

При використанні цементних систем зі змінним вмістом шлаку в бетонах [6] підтверджена правомірність застосування показника пластичної міцності цементної пасти для визначення часу збереження легкоукладальності бетонної суміші. Так, показано, що суміші на основі цементу з вмістом шлаку 44%, пластифіковані полікарбоксилатною добавкою Sika 2508, характеризуються легкоукладальністю, що оцінена осадкою конусу 25 см, яка змінюється до 21 см протягом 3 год, а міцність бетону на 28 добу тверднення становить 63 МПа.

Загальні висновки:

1. Метод визначення граничного напруження зсуву цементних паст дозволяє отримувати інформацію про розвиток процесу початкового мікроструктуроутворення в бетоні на стадії формування цементної матриці.
2. Продовженість періоду зміни в'язко-пластичного стану цементної системи в камнеподібне тіло для шлаковміщуючих цементних систем закономірно збільшується від декількох хвилин до 8 год. із збільшенням вмісту шлаку в цементі.
3. Пластифікатори полікарбоксилатної і поліакрилатної природи закономірно збільшують період збереження в'язко-пластичного стану цементного тіста, що залежить від вмісту шлаку в цементі і витрати добавки і може бути враховано при виборі цементу для бетонної суміші з регламентованим терміном збереження її консистенції (легкоукладальності як технологічного показника властивостей).

1. Суруп В.Ю., Перехрест А.И., Пашина Л.Д. Реализация современных тенденций бетоноведения на предприятиях промышленно-строительной группы «Ковальская» // Збірник “Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка”. - К., НДІБМВ, 2012. - Вип. 43. - С. 165-169. **2.** Пилипенко О.С., Суруп В.Ю., Пашина Л.Д., Кривенко П.В., Рунова Р.Ф., Руденко І.І. Досвід 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: навчальний 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.** Ребиндер П.А. Физико-химическая механика новая область науки. М.: Знание, 1958.- 65 с. **6.** Рунова Р.Ф., Руденко И.И., Троян В.В. Бетоны для массивных конструкций (Сб. трудов ПГАСА, вып.56, Днепрпетровск, 2011, с.379-388.