

УДК 691.075.3

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.155.2015.91742>

ВПЛИВ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБАВОК НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЦЕМЕНТНИХ КОМПОЗИЦІЙ ТА ЇХНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Д-р техн. наук К.К. Пушкарьова, канд. техн. наук О.А. Гончар, асп. К.О. Каверин

ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ И ИХ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Д-р техн. наук Е.К. Пушкарева, канд. техн. наук О.А. Гончар, асп. К.О. Каверин

INFLUENCE ORGANIC AND MINERAL ADDITIVES ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF CEMENT COMPOSITIONS AND THEIR PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES

DSc K.K. Pushkarova, PhD O.A. Gonchar, Postgraduate K.O. Kaverin

У статті досліджено вплив органо-мінеральних добавок на реологічні та фізико-механічні властивості цементного штучного каменю. Встановлено, що в разі використання добавки оптимального складу міцність цементного каменю зростає в 2 рази порівняно зі зразками без добавок. Показано можливість заміни відомих силікатних добавок на більш дешеві та доступні природні та техногенні речовини.

Ключові слова: *портландцемент, суперпластифікатор, мікрокремнезем, комплексна органо-мінеральна добавка, міцність при стиску, пластична міцність.*

В статье исследовано влияние органо-минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства цементного искусственного камня. Установлено, что при использовании добавки оптимального состава прочность цементного камня возрастает в 2 раза по сравнению с образцами без добавок. Показана возможность замены известных силикатных добавок на более дешевые и доступные природные и техногенные вещества.

Ключевые слова: *портландцемент, суперпластификатор, микрокремнезем, комплексная органо-минеральная добавка, прочность при сжатии, пластическая прочность.*

This article research the influence of organic and mineral additives on the rheological and physical and mechanical properties of the Portland cement artificial stone and found that type of additives in small amounts significantly affect both the physical and chemical processes of hardening binders. Analysis of the results showed that the strength of cement with organo-mineral twice time higher compared with samples without additives. The composition of modified cement matrix can be used for production light and heavy concrete and concrete for special purposes.

Keywords: *Portland cement, superplasticizer, microsilica, complex organic-mineral supplement, compressive strength, plastic strength.*

Вступ

Мінеральні добавки використовуються для регулювання процесів тужавлення, структуроутворення, активації гідратації і твердіння, поліпшення реологічних

властивостей розчинових і бетонних сумішей [1,2].

Слід зазначити, що мінеральні добавки в більшості випадків застосовуються в складі комплексних органо-мінеральних добавок і,

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

найчастіше, спільно з суперпластифікаторами [1-3].

Основними механізмами підвищення міцності наповнених цементних систем є ущільнення структури цементних матеріалів, створення умов для зближення частинок, утворення контактів між ними і формування гелевидних гідросилікатних фаз з наступним утворенням кристалічних контактних зон на поверхні частинок.

Мета роботи

Метою роботи є дослідження реологічних та фізико-механічних властивостей цементних композицій, модифікованих комплексною органо-мінеральною добавкою на основі суперпластифікатора та мікрокремнезему.

СИРОВИННІ МАТЕРІАЛИ

В дослідженнях використовували портландцемент ПЦ І-500 Н, модифікований комплексною органо-мінеральною добавкою на основі полікарбоксилатів (SikaPlast 555W, MC PowerFlow 3100) та тонкодисперсних активних мінеральних добавок на основі кремнеземистих добавок: побічні продукти Стаханівського феросплавного заводу ($S_{\text{пит}}=36398 \text{ см}^2/\text{г}$), БАТ «АрселорМіттал Кривий ріг» ($S_{\text{пит}}=9478 \text{ см}^2/\text{г}$), продукти торгових марок Elkem Microsilica Grade 940-U ($S_{\text{пит}}=24795 \text{ см}^2/\text{г}$) та SikaFume ($S_{\text{пит}}=8556 \text{ см}^2/\text{г}$), а також тонкомолоте ніздрювате скло ($S_{\text{пит}}=10485 \text{ см}^2/\text{г}$), молотий трепел Коноплянського родовища ($S_{\text{пит}}=21300 \text{ см}^2/\text{г}$).

Згідно результатам ІЧ-спектроскопії дані суперпластифікатори отримані на основі поліетиленгліколів, а саме: MC PowerFlow 3100 містить поліетиленгліколь з молекулярною масою 3000, що в своєму складі має поліетиленполіамін (ПЕПА), SikaPlast 555W — поліетиленгліколь з молекулярною масою 1000, що в своєму складі містить поліакриламід.

Методи дослідження

Як критерії оцінки якості досліджуваних систем були використані реологічні характеристики цементного тіста

та міцність при стиску цементного каменю. Дослідження проводили на цементному тісті, модифікованому органо-кремнеземистими добавками, і на зразках-кубах цементного каменю $2 \times 2 \times 2 \text{ см}$ за стандартною методикою і в стандартних умовах у віці 3,7 та 28 діб. Суперпластифікатори вводили у кількості 1,0% (MC PowerFlow 3100) та 1,5% (SikaPlast 555W), а мікрокремнезем — у кількості 5%, 10% і 15% від маси цементу відповідно. Водоцементне відношення (В/Ц) для зразків-кубів на основі портландцементу, модифікованого комплексною органо-мінеральною добавкою, становило 0,24.

Дослідження процесу структуроутворення модифікованого цементного тіста були проведені за допомогою метода пластометрії. Початок і кінець тужавлення визначали за допомогою приладу Віка за відомою методикою [4, 5, 6]. Пластичну міцність вимірювали за допомогою конічного пластоміру [8].

Для ідентифікації синтезованих новоутворень та встановлення особливостей структуроутворення у розроблених в'язучих композиціях було виконано дослідження фазового складу продуктів твердіння з використанням рентенофазового та диференціально-термічного аналізів.

Результати досліджень та їх обговорення

Досліджено фізико-механічні характеристики цементних композицій на основі портландцементу ПЦ І 500-Н, модифікованого комплексною органо-мінеральною добавкою з використанням полікарбоксилатних суперпластифікаторів “PowerFlow 3100” в кількості 1% та “SikaPlast 555W” в кількості 1,5% від маси цементу та тонкодисперсних активних мінеральних добавок Стаханівського феросплавного заводу, БАТ «АрселорМіттал Кривий ріг», торгових марок Elkem Microsilica Grade 940-U та SikaFume, а також тонкомолоте ніздрювате скло і трепел Коноплянського родовища в кількості 5...15%.

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

Розглядаючи тенденцію зміни міцності при стиску штучного каменю на 28 добу залежно від виду використаних кремнеземистих добавок і суперпластифікаторів (рис.1) наочно видно, що високомолекулярна добавка “PowerFlow 3100” краще співпрацює з природньою кремнеземистою добавкою у кількості 5% від маси цементу — меленим трепелом, а низькомолекулярна добавка “SikaPlast

555W” — з технічними кремнеземами, а саме “Elkem Microsilica Grade 940-U” [7,8]. При введенні комплексної органо-мінеральної добавки показники міцності при стиску на 28 добу досягають 116,4 МПа і 110,4 МПа відповідно. В той же час для немодифікованого цементного каменю міцність при стиску на 28 добу становить 47,7 МПа.

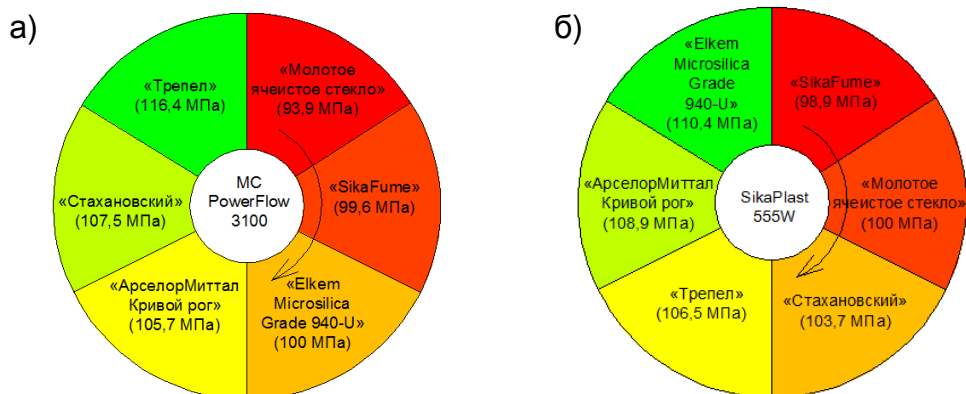


Рис.1. Тенденція зміни міцності при стиску штучного каменю на 28 добу залежно від виду кремнеземистих добавок і суперпластифікаторів:
а) MC PF 3100 (1%); б) SikaPlast 555W (1,5%).

Для розкриття механізму впливу органо-мінеральної добавки на процес формування міцності штучного каменю досліджено реологічні характеристики цементного тіста, тобто визначено показники пластичної міцності та тривалості індукційного періоду залежно від складу органо-мінеральної добавки.

При використанні суперпластифікаторів MC PowerFlow 3100 і SikaPlast 555W в кількості 0,5% ... 1,5% від маси в'язучої речовини (рис.2 а, б) спостерігається зменшення пластичної міцності до значень менше 1 МПа, а тривалість індукційного періоду складає від 3 до 8 годин.

При введенні мікрокремнезему «Elkem Microsilica Grade 940-U» та молотого трепелу в оптимальній кількості — 5 % від маси портландцементу ПЦ І–500 Н разом з суперпластифікаторами «SikaPlast 555W» в кількості 1,5% і «MC PowerFlow 3100» в

кількості 1% від маси в'язучої речовини (рис.2, г, д, крива 11, 14) спостерігається плавне зростання пластичної міцності, індукційний період складає 6 і 5 годин, що створює умови для синтезу більш досконалої структури цементного каменю.

При збільшенні кількості кремнеземистої добавки до 15 %, незалежно від виду суперпластифікатора (рис.2. в,г,д,е), має місце різке зростання пластичної міцності і скорочення індукційного періоду до 3 годин, що негативно відбивається на кінетиці нарощування міцності цементного каменю у часі.

За результатами фізико-хімічного аналізу в досліджуваних системах, в тому числі за даними РФА та ДТА, фазовий склад новоутворень представлений переважно низькоосновними гідросилікатами кальцію, ксонотлитом, частково гідрогранатами, а також залишковим портландитом, кальцитом. Наявність гідросилікатних фаз

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

сприяє формуванню більш міцної та цементного каменю.
кристалохімічно досконалої мікроструктури

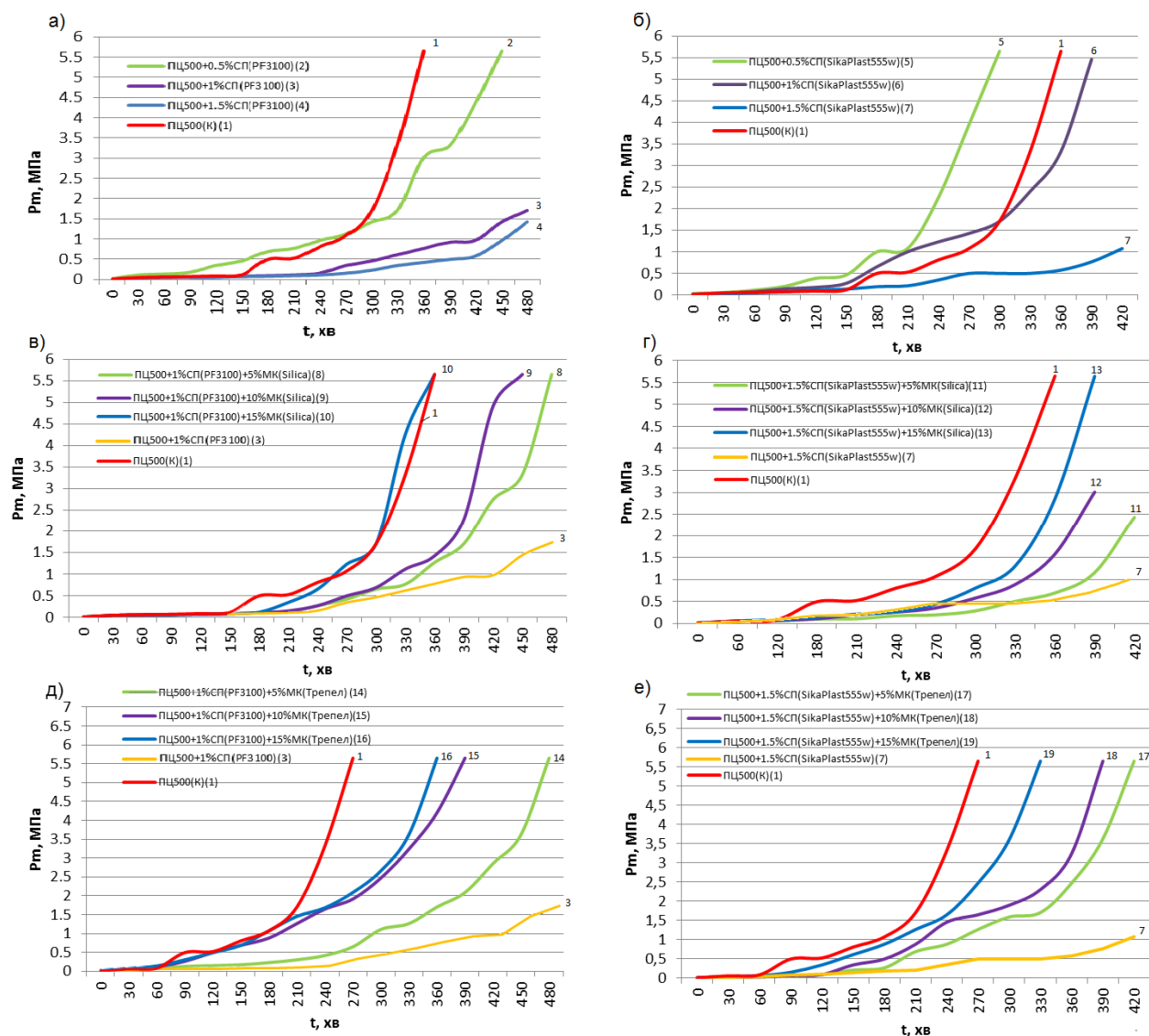


Рис.2. Кінетика зміни пластичної міцності на основі портландцементу ПЦ I 500, модифікованого суперпластифікаторами різних марок: MC PowerFlow 3100(а), SikaPlast 555W(б), та комплексною органо-мінеральною добавкою, що містить як силікатну добавку Elkem Microsilica Grade 940-U (в, г) та трепел (д, е).

Розроблені склади модифікованих цементних матриць можуть бути використані для отримання як легких, так і важких бетонів, а також бетонів спеціального призначення.

Висновки

1. При введенні полікарбоксилатних суперпластифікаторів до портландцементного тіста спостерігається подовження індукційного періоду до 7...8

годин, що позитивно впливає на формування структури цементного каменю. При додаванні оптимальної кількості комплексної органо-мінеральної добавки до складу цементного тіста відбувається скорочення індукційного періоду до 5...6 годин.

2. Встановлено, що за критеріями зміни міцності у часі високомолекулярна добавка «PowerFlow 3100» краще співпрацює з

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

природньою кремнеземистою добавкою на основі меленого трепела, а низькомолекулярна добавка SikaPlast 555W — з технічними кремнеземами, а саме Elkem Microsilica Grade 940-U.

3. Досліджено ефективність спільної дії полікарбосилатних суперпластифікаторів і кремнеземистих добавок різних видів і марок та встановлено, що найвище значення міцності досягається при використанні

полікарбосилатного суперпластифікатора «МС PowerFlow 3100» в кількості 1% від маси цементу і меленого трепела в кількості 5% від маси цементу. Використання оптимального складу органо-мінеральних добавок забезпечує підвищення міцності цементної матриці більше ніж в 2 рази порівняно з міцністю немодифікованого цементного каменю.

Список використаних джерел

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. - М.: Изд-во «АСВ», 2002. - 500 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика, изд. 2-е, переработанное и дополненное. - М. 1998. - 768 с.
3. Дворкин Л.И. Цементные бетоны с минеральными наполнителями / Дворкин Л.И., Выровой В.Н. [и др.] — Киев, Будівельник, 1991. — 136 с.
4. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества / Волженский А. В., Буров Ю. С., Колокольников В. С. — М.: Стройиздат, 1973. — 480 с.
5. Дворкін Л. Й. Фізико-хімічні і фізичні методи досліджень будівельних матеріалів / Дворкін Л. Й., Скрипник І. Г. — Рівне: НУВГП, 2006. — 220 с.
6. Кузьменков М. И. Химическая технология вяжущих веществ / Кузьменков М.И., Хотянович О. Е. — Учебное пособие для студентов вузов. Мн: БГТУ, 2008. — 264 с.
7. Пушкарьова К.К. Особливості модифікації цементної матриці для отримання високоміцних легких керамзитобетонів бетонів / Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Каверин К.О. // Зб. наук. праць «Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка» № 52 – 2014. Київ – с. 43-48.
8. Пушкарьова К.К. Дослідження процесів структуроутворення цементних композицій, модифікованих органо-кремнеземистими добавками / Пушкарьова К.К., Каверин К.О., Дмитров М.С. // Вісник Одеської Державної академії будівництва та архітектури № 56 – 2014. Одеса – с. 201-208.

Пушкарьова К.К., д.т.н., проф., кафедра будівельних матеріалів, Київський національний університет будівництва та архітектури, +38(044)245-48-31, sribm_pushkarova@mail.ru.

Гончар О.А., к.т.н., доц., кафедра будівельних матеріалів, Київський національний університет будівництва та архітектури, +38(044)245-48-31, oagonchar@mail.ru

Каверин К.О., асп., кафедра будівельних матеріалів, Київський національний університет будівництва та архітектури, +38(044)245-48-31, Kaverin_K_RAF@mail.ru

Pushkarova K.K., Prof., DSc, Department of building materials, Kyiv National University of Civil Engineering & Architecture, +38(044)245-48-31, sribm_pushkarova@mail.ru.

Gonchar O.A., Dr., Department of building materials, Kyiv National University of Civil Engineering & Architecture, +38(044)245-48-31, oagonchar@mail.ru

Kaverin K.O., Postgraduate student, Department of building materials, Kyiv National University of Civil Engineering & Architecture, +38(044)245-48-31, Kaverin_K_RAF@mail.ru

Стаття прийнята 22.04.2015 р