

**ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ЦЕМЕНТНОГО
ТІСТА В ПРИСУТНОСТІ НАПОВНЮВАЧІВ РІЗНОЇ
ДИСПЕРСНОСТІ**

**THE STUDY OF STRUCTURE OF THE CEMENT PASTE IN
THE PRESENCE OF FILLERS DIFFERENT DISPERSION**

**Беліченко О.А., к.т.н, наук. співр. (Харківський національний
автомобільно-дорожній університет, м. Харків)**

**Belichenko O.A., Ph.D., Researcher (Kharkov national automobile and
highway university, Kharkiv)**

У статті приведено експериментальні данні впливу виду та дисперсності мікронаповнювачів на процеси структуроутворення цементного тіста. Досліджено вплив мікронаповнювача різної дисперсності на нормальну густину, строки тужавлення та пластичну міцність цементного тіста. Визначено, що оптимальна кількість мікронаповнювача залежить від його виду та дисперсності.

Basically, the researchers studied the effects of different types of micro fillers with different particle sizes on the physical and mechanical properties and structure of cement stone and concrete. No studies have been conducted to determine the effect of one type of micro filler, but with different dispersion on the properties and processes of structure of cement composites. The paper presents experimental data on the influence of the form and dispersion of the fillers in the micro processes of structure of cement paste. The influence of different micro filler dispersion of the normal density, setting time and strength of the plastic cement paste. Introduction microfiller in cement paste leads to a change in setting time. It is found that the optimum amount of micro filler depends on its type and dispersion. With increasing dispersion microfiller decrease its optimal amount for which there is a maximum strength. It is shown that the optimal amount of micro filler in cement composites is influenced not only by its dispersion, but also the hardness of the starting material from which the microfill.

Ключові слова: мікронаповнювач, дисперсність, пластична міцність, цементне тісто, структуроутворення

Keywords: microfill, dispersion, plastic strength, cement paste, structure

Вступ. Застосування тонкодисперсних добавок на сьогоднішній день є невід'ємною частиною створення сучасних високофункціональних бетонів. Введення до складу бетонних сумішей мінеральних наповнювачів різної дисперсності приводить до підвищення фізико-механічних показників бетонів, а також сприяє зменшенню витрат в'язучого (цементу) - найдорожчого компонента бетону.

Огляд останніх досліджень. Ефективне використання дисперсних матеріалів залежить від хімічного складу і дисперсності як в'язучого, так і мінеральної добавки, що застосовується [1, 2]. Вплив мінеральних добавок обумовлено тим, що вони: впливають на процес гідратаційного твердіння портландцементу; мікроармують цементний камінь, що утворюється; перешкоджають поширенню в ньому мікротріщин при дії зовнішніх напружень.

Дисперсні мікронаповнювачі можуть виконувати роль підкладок, на яких відбувається ріст кристалів гідратних сполук, що утворюються. При цьому важливо, щоб добавки були досить близькі за складом, типом хімічних зв'язків, фізико-хімічними характеристиками до вихідних в'язучих речовин та продуктів їх гідратації [3].

Для забезпечення високої ефективності дії мікронаповнювачів важливі не тільки їх властивості, а й кількість, що вводиться та дисперсність. Слід зазначити, що кількість мінеральних добавок, що вводяться, у багатьох випадках коливається в широких межах: від частки відсотка до декількох десятків відсотків від маси в'язучої речовини [1 - 4]. Дисперсність добавок враховується далеко не завжди і в деяких випадках в статтях не наводиться оцінка впливу кількості та дисперсності мікронаповнювачів.

Л.Й. Дворкін зі співавторами показали [5], що високодисперсні активні мінеральні наповнювачі в цементних системах впливають на структуроутворення і властивості бетонів.

У роботі [6] В.С. Дорофєєв, В.М. Вировий і В.І. Соломатов вважають, що наповнювачі можуть бути демпферами, які здатні

стримувати ріст тріщин, і як наслідок підвищувати механічні характеристики.

А.Ю. Полак [7] вважає, що в об'ємі цементного каменю можуть виникати розтягуючі напруги, якщо параметри наповнення виходять за межі оптимуму. Для того, щоб зняти розтягуючі напруження Л.Й. Дворкін зі співавторами [5] пропонує використовувати поліфракційний мікронаповнювач, що містить зерна різної крупності, розмір яких може знаходитися в діапазоні від декількох мікрон до десятих часток міліметра. Така поліфракційність, на їхню думку, може дозволити створювати в системі, що твердіє контакти, які обумовлені силами електростатичного тяжіння між частинками різної крупності.

Метою експерименту, проведеного В.Г. Зазимко [8] було поліпшити гранулометричний склад суміші за рахунок введення наповнювача у вигляді меленого кварцового піску, і як наслідок знизити витрату цементу. Питома поверхня подрібненого піску становила $3000 \text{ см}^2/\text{г}$. Автори вважають, що тонкоподрібнений наповнювач спільно з цементом бере участь у формуванні мікроструктури цементного каменю і контактних зон між зернами піску.

Для підвищення міцності цементного каменю і бетону Г.І. Бердов [9] застосовував мінеральні добавки, такі як мікрокремнезем ($S_{\text{пит}} = 5230 \text{ см}^2/\text{г}$), золи-винесення ($S_{\text{пит}} = 7420 \text{ см}^2/\text{г}$), вапнякове борошно ($S_{\text{пит}} = 8560 \text{ см}^2/\text{г}$). Оптимальний вміст добавок становив: для мікрокремнезема і золи-винесення 1,5 %, для вапнякового борошна – 7 %. Збільшення міцності при стисканні становить при введенні: 7 % вапнякового борошна – 15 %; 1,5 % золи-винесення - 11,5 %; 1,5 % мікрокремнезему – 3 %. Автори вважають, що оптимальна кількість добавки залежить від її дисперсності та від таких властивостей, як твердість, щільність, модуль пружності. Оптимальний вміст добавки визначатиметься її впливом на процес гідратації цементу, формування контактної зони між частинками добавки і цементним каменем, а не мікроармуванням цементного каменю.

В основному дослідники вивчали вплив різних видів мікронаповнювачів різної дисперсності на фізико-механічні показники та структуру цементного каменю і бетону. Не були проведені дослідження по визначенню впливу одного виду

мікронаповнювача, але різної дисперсності на властивості цементних композитів.

Постановка мети і задач досліджень. Метою досліджень, що проводяться на кафедрі технології дорожньо-будівельних матеріалів Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, було дослідження впливу виду і дисперсності мікронаповнювача на процеси структуроутворення цементного тіста.

Методика досліджень. У дослідженнях застосовували мікронаповнювачі різної природи та дисперсності - мікрокварц (мелений кварцовий пісок) і крейда. Мікронаповнювачі отримували шляхом подрібнення природної сировини у кульовому млині до питомої поверхні 300 м²/г, 600 м²/г, 1000 м²/г. Цемент ПЦ І-500Н Івано-Франківського цементного заводу. Дисперсність мікронаповнювачів оцінювали за допомогою приладу поверхнеміру типу ПСХ-10. Отримані мікронаповнювачі різної дисперсності додавали у цементне тісто і визначали його пластичну міцність за допомогою важільного конічного пластометра. Міцність цементного каменю визначали за стандартною методикою у відповідності до діючих нормативних документів.

Результати досліджень. Проводили дослідження по визначенню впливу дисперсності мікронаповнювача мікрокварцу на нормальну густину і терміни схоплювання цементного тіста (табл. 1).

Таблиця 1
Вплив дисперсності мікронаповнювача мікрокварцу на терміни тужавлення цементного тіста

№ з/п	Дисперсність та кількість мікронаповнювача		Нормальна густина, %	Терміни схоплювання	
	S _{пит} , м ² /г	% від m _ц		ПС	КС
1	-	-	30,5	1 г. 25 хв.	3 г. 55 хв.
2	300	5	32,5	2 г. 25 хв.	3 г. 35 хв.
3	1000	5	33,0	2 г. 25 хв.	3 г. 25 хв.

Показано, що при введенні мікрокварцу дисперсністю 300 м²/г нормальна густина збільшується з 30,5 % для контрольного складу до 32,5 %. Час початку схоплювання цементного тіста

подовжується на 1 годину у порівнянні з контрольним складом без мікронаповнювача. Час кінця тужавлення скорочується на 20 хв. Аналогічна закономірність спостерігається і при введення в цементне тісто мікрокварцу дисперсністю 1000 м²/г. Нормальна густина збільшується на 10 %, а кінець схоплювання зменшується на 30 хв.

Дослідження пластичної міцності цементного тіста показали, що прискорений набір пластичної міцності (що свідчить про початок структуроутворення в цементному тісті) для цементу без мікронаповнювача починається через 3 год 30 хвилин (рис. 1).

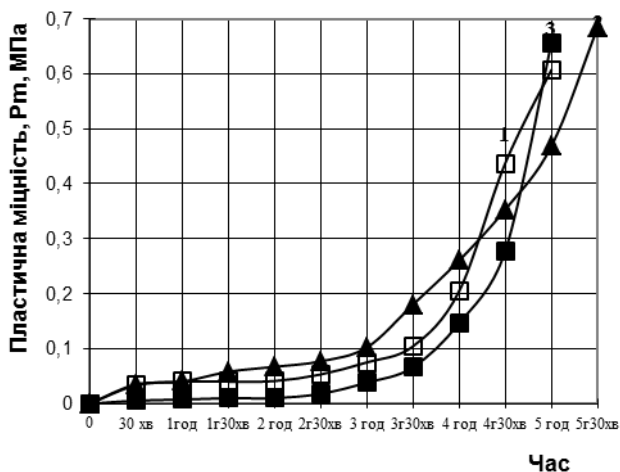


Рис. 1. Пластична міцність цементного тіста з мікронаповнювачем різної дисперсності: 1) цемент; 2) цемент + мікрокварц 5 % від m_ц дисперсністю 300 м²/г; 3) цемент + мікрокварц 5 % від m_ц дисперсністю 1000 м²/г

Введення до складу цементного тіста мікрокварцу дисперсністю 300 м²/г привело до подовження початку схоплювання на 1 год, але скороченню кінця тужавлення на 20 хвилин (табл. 1). Вплив мікрокварцу на прискорення процесів твердіння підтверджується даними на рис. 1 крива 2. Структуроутворення у тісті з мікрокварцем дисперсністю 300 м²/г починається на 30 хвилин раніше, ніж в тісті на чистому цементі. Зміна питомої поверхні мікрокварцу до 1000 м²/г змінило терміни схоплювання тіста і характер кривих пластичної міцності. Початок схоплювання тіста з

мікрокварцем подовжився, так, як і в тісті з більш грубодисперсним мікрокварцем (табл. 1). Таким же залишився кінець схоплювання. Структурування в тісті з мікрокварцем дисперсністю $1000 \text{ м}^2/\text{г}$ починається через 3 год 30 хвилин (рис. 1, крива 3).

Дослідження міцності цементного каменю з мікронаповнювачами різної природи та дисперсності (табл. 2) показали, що зі збільшенням дисперсності мікронаповнювача спостерігається зменшення його оптимальної кількості з точки зору приросту міцності. Очевидно, що на фізико-механічні показники впливає не тільки дисперсність мікронаповнювача, але і його природа. При введенні в цементне тісто мікрокварцу дисперсністю $300 \text{ м}^2/\text{г}$ оптимальний приріст міцності цементного каменю спостерігається при його вмісті 9 % від маси цементу, при дисперсності $600 \text{ м}^2/\text{г}$ оптимум становить 5 % і 9 % від маси цементу, а при $S_{\text{пит}} = 1000 \text{ м}^2/\text{г}$ – 5 % від маси цементу.

Таблиця 2

Міцність цементного каменю природного твердіння в залежності від дисперсності мікронаповнювача

№ з/п	Кількість добавки	Міцність цементного каменю у віці 28 діб, МПа					
		Мікрокварц			Крейда		
		Дисперсність, $\text{м}^2/\text{г}$			Дисперсність, $\text{м}^2/\text{г}$		
		300	600	1000	300	600	1000
1	Без добавки	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2	41,2
2	3 % від $m_{\text{ц}}$	46,5	48,5	53,2	47,5	67,5	65,3
3	5 % від $m_{\text{ц}}$	52,4	59,0	59,2	55,4	41,5	56,6
4	7 % від $m_{\text{ц}}$	54,8	48,9	47,6	65,1	67,0	54,5
5	9 % від $m_{\text{ц}}$	64,2	63,0	46,2	56,3	56,6	48,4

При введенні в цементне тісто крейди дисперсністю $300 \text{ м}^2/\text{г}$ оптимум міцності цементного каменю спостерігається при його вмісті 7 % від маси цементу, при $S_{\text{пит}} = 600 \text{ м}^2/\text{г}$ - оптимум становить 3 % і 7 % від маси цементу, а при $S_{\text{пит}} = 1000 \text{ м}^2/\text{г}$ – 3 % від маси цементу. Можна припустити, що на оптимальну кількість мікронаповнювача в цементних композитах впливає не тільки його дисперсність, але і твердість вихідної речовини, з якої отримано мікронаповнювач.

Висновки.

1. Встановлено, що мінеральні добавки, які вводяться до складу бетонних сумішей впливають на мікро- і мезо- структури бетону.

2. Показано, що оптимальна кількість мікронаповнювача залежить від його виду і дисперсності. При збільшенні дисперсності мікронаповнювача спостерігається зниження його оптимальної кількості, при якому спостерігається максимум міцності.

3. Встановлено, що на оптимальну кількість мікронаповнювача в цементних композитах впливає твердість вихідної речовини, з якої отримано мікронаповнювач.

1. Хозин В.Г. Эффективность применения золы-уноса Гусиноозерской ГРЭС в составе цементов низкой водопотребности / В.Г. Хозин, О.В. Хохряков, А.В. Битцер, Л.А. Урханова // Строительные материалы. – 2011. – № 7. – С. 76 – 77.

2. Лесовик В.С. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов / В.С. Лесовик, В.В. Потапов, Н.И. Алимова, О.В. Ивашова // Строительные материалы. – 2011. – № 12. – С. 60 – 62.

3. Ильина Л.В. Цементные материалы с минеральными микрозаполнителями / Л.В. Ильина, Н.О. Гичко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 8. – С. 122 – 124.

4. Рамачадран В.С. Добавки в бетон. Справочное пособие: Пер. с англ. / Под ред. В.С. Рамачадрана. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.

5. Цементные бетоны с минеральными наполнителями / [Дворкин Л.И., Соломатов В.И., Выровой В.Н., Чудновский С.М.]. – К.: Будівельник, 1991. – 136 с.

6. Дорофеев В.С. Пути снижения материалоемкости строительных материалов и конструкций / В.С. Дорофеев, В.Н. Выровой, В.И. Соломатов. – Киев: УМК ВО, 1989. – 79 с.

7. Полак А.Ф. Твердение мономинеральных вяжущих веществ: Вопросы теории / А.Ф. Полак. – М.: Стройиздат, 1966. – 208 с.

8. Зазимко В.Г. Мелкозернистый бетон роликового формирования с тонкомолотыми минеральными добавками / В.Г. Зазимко, А.Ф. Масляев, А.М. Кагитин // Ресурсосберегающие технологии, структура и свойства дорожных бетонов: тезисы докладов республиканской конференции, г. Харьков, 11 – 13 октября 1989 г.). – Харьков: Изд-во ХАДИ. – 1989. – 220 с., С. 130 – 131.

9. Бердов Г.И. Влияние высокодисперсных минеральных добавок на механическую прочность цементного камня / Г.И. Бердов, Н.И. Никоненко, Л.В. Ильина // Известия вузов. Строительство. – 2011. - № 12 (636). – С. 25 – 30.