

УДК 666.914.5

*Берестяний О.Л., ведучий інженер ЛР,  
ПрАТ «Термінал-М», м. Київ, Україна*

## **ВПЛИВ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ГІПСОЦЕМЕНТНО-ПУЦОЛАНОВОГО В'ЯЖУЧОГО НА ДЕФОРМАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ СУМІШІ**

Постійне підвищення цін на паливо та електроенергію призводить до підвищення цін на в'язучі речовини, особливо отримані високотемпературним випалюванням. Наприклад, для виробництва портландцементу потрібно приблизно в 5 разів більше використати палива та електроенергії, ніж при виробництві гіпсового в'язучого.

Альтернативою портландцементу у виробництві сухих будівельних сумішах могли б стати гіпсові в'язучі різних модифікацій, однак через низьку водостійкість цих в'язучих та значну повзучість при зволоженні їхнє використання дуже обмежене.

Один із основних шляхів підвищення водостійкості гіпсових в'язучих полягає у введенні в них компонентів, які призводять до утворення водостійких та тверднучих у воді продуктів, як в результаті хімічної реакції з гіпсовим в'язучим, так і внаслідок власної гідратації. Такими компонентами виступають активні мінеральні добавки (трепел, опока, шлак, золи тощо). Найбільш стійкі композиції складаються з гіпсового в'язучого (напівводяного гіпсу), портландцементу та потрібної кількості активної мінеральної добавки. Цей склад в'язучого отримав назву гіпсоцементно-пуцоланового в'язучого (ГЦПВ).

Практичне використання ГЦПВ у виробництві сухих будівельних сумішей дозволяє здешевити рецептури, розширити області використання гіпсового в'язучого (можливість використання сумішей в приміщеннях з почерговим зволоженням та для зовнішнього опорядження), зменшити тривалість виконання будівельних робіт. Найчастіше ГЦПВ використовується як в'язуче у сухих будівельних сумішах для влаштування підлог ручного та машинного нанесення. Особливістю цих сумішей є швидкий набір міцності (можливість початку експлуатації підлоги через декілька годин після влаштування), мала усадка (можливість влаштування підлог на менш міцних основах) та великий діапазон товщини шару влаштованої підлоги.

Задачею досліджень було встановити можливу залежність між теорією структуроутворення гіпсоцементно-пуцоланового в'язучого та його деформаційними властивостями під час твердіння. У якості модельного об'єкту було вибрано рецептуру сухої будівельної суміші для влаштування підлог на основі цього в'язучого.

У складі сухої суміші використовувалися такі компоненти: гіпсоцементно-пуцоланове в'язуче, мінеральні наповнювачі та заповнювачі, ефір целюлози як регулятори седиментації, гіперпластифікатор як регулятор водопотреби. До складу ГЦПВ входять гіпсове в'язуче  $\alpha$ -модифікації, портландцемент М500Д0 та активна мінеральна добавка у вигляді техногенного відходу – золошлаку ТЕС.

В досліджах А.В. Волженського, Г.С.Коган та З.С. Краснослободської було вивчено вплив добавки портландцементу та активної мінеральної добавки на твердіння гіпсу, та запропоновано механізм твердіння ГЦПВ.

Також було проведено дослідження модельного складу сухої суміші та отримано результати міцності на стиск, деформації та коефіцієнту розм'якшення. На графіку 1 подано залежності показників міцності на стиск та показників усадки від часу. Графік розділено на 3 періоди та у таблиці 1 подані перетворення, які найімовірніше проходять під час твердіння суміші в кожному з періодів.

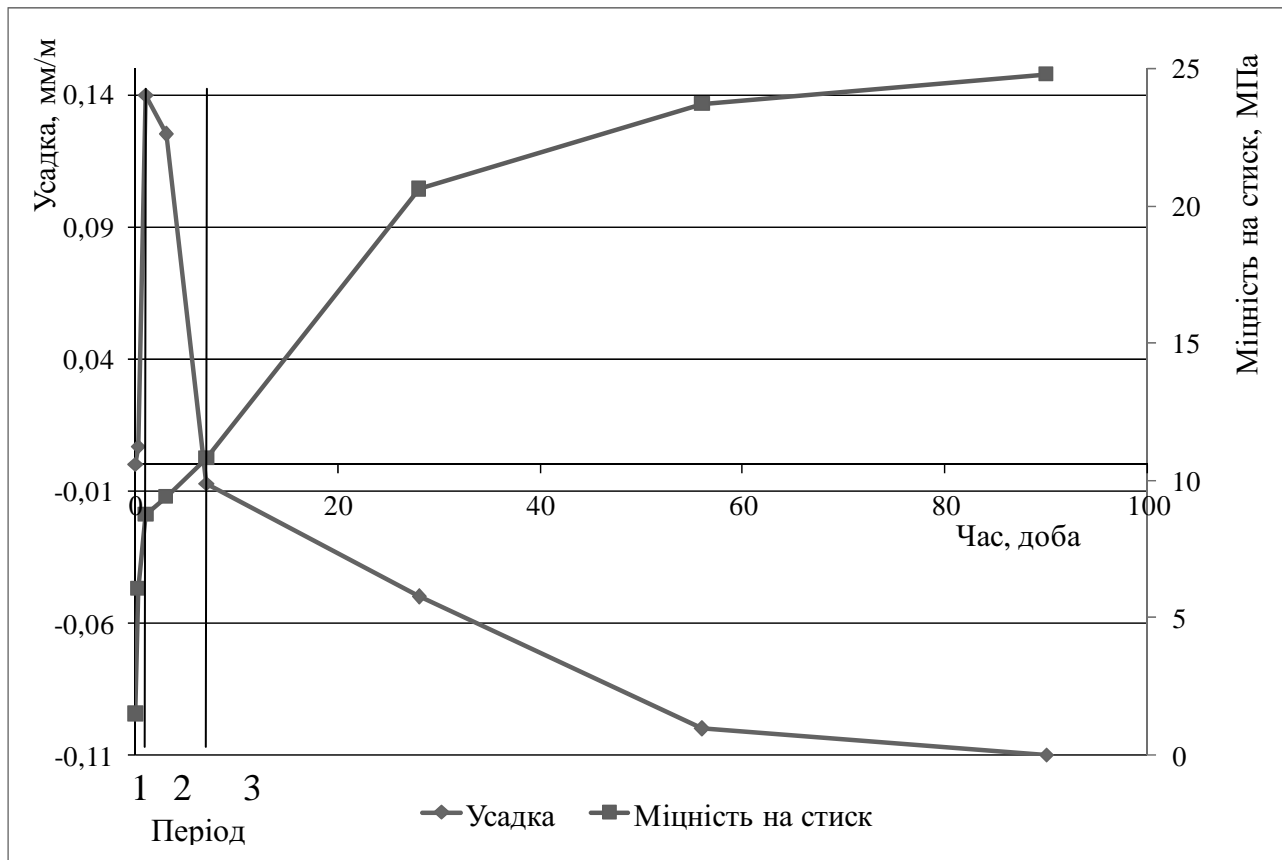


Рисунок 1. Набір міцності на стиск та показники усадки

Таблиця 1

Процеси, які проходять в різні періоди твердіння розчину

Період	Які реакції проходять
1	$CaSO_4 \cdot 0,5H_2O + 1,5H_2O = CaSO_4 \cdot 2H_2O$ $C_3S (\beta-C_2S) + H = C-S-H-гель + CH$ $CH + S = C-S-H-гель$ $C_3A + 3CSH_2 + 26H = C_6AS_3H_{32}$ $C_3A + CH + 12H = C_4AH_{13}$
2	$C_3S (\beta-C_2S) + H = C-S-H-гель + CH$ $C_3A + 3CSH_2 + 26H = C_6AS_3H_{32}$ $2C_3A + C_6AS_3H_{32} + 4H = 3C_4ASH_{12}$ $C_3A + CH + 12H = C_4AH_{13}$ <p>Можливе утворення <math>C_2ASH_8</math>, <math>C_3ASH_4</math>, <math>C_3A \cdot CaSiO_3 \cdot H_8</math></p>
3	$C_3S (\beta-C_2S) + H = C-S-H-гель + CH$ <p>Перекристалізація <math>C_4ASH_{12}</math>, <math>C_6AS_3H_{32}</math></p>

У першому періоді (0-48 годин) відзначається швидке зростання міцності та значне розширення розчину. Згідно з теорією, в цей час відбувається гідратація і тужавлення  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ , а кристали  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , що утворюються, створюють каркас початкової структури. Одночасно починається гідратація мінералів цементного клінкеру, що супроводжується виділенням  $CH$ . Активна мінеральна добавка регулює лужність середовища. Зв'язування цією добавкою  $CH$  призводить до зниження концентрації  $Ca(OH)_2$  в рідкій фазі до такого рівня, при якому високоосновні гідроалюмінати кальцію  $C_4AH_{13}$  і  $C_3AH_6$  стають нестабільними. Це сприяє швидкому зв'язуванню глинозему  $Al_2O_3$  в прихованокристалічний високоосновний гідросульфоалюмінат кальцію.

В другий період (48 годин – 7 діб) відбувається значна усадка розчину та незначний набір міцності. Це пояснюється з одного боку, нестабільністю ентрингіту, а з іншого, - утворенням низькоосновних гідросилікатів типу  $CSH (B)$ . Слід зазначити, що односульфатна форма гідросульфоалюмінату кальцію не виявлена. З часом  $C_6AS_3H_{32}$  внаслідок нестабільності переходить в низькоосновну форму, яка очевидно розкладається з утворенням гіпсу, низькоосновних силікатів та гідроалюмінатів кальцію.

В третій період (7 – 90 діб) розчин дає незначну усадку, проте міцність на стиск збільшується майже вдвічі. Це пояснюється частковою гідролізацією  $C_3S$  та  $C_2S$ , які гідратуючись, дають гелеподібні гідросилікати кальцію з середнім складом  $C-S-H$ -гель. Такі ж гідросилікати кальцію утворюються в результаті взаємодії гідроксиду кальцію з активною мінеральною добавкою. Ці новоутворення є зв'язкою, що цементує великі кристали дигідрату, які утворюються на першій стадії твердіння, і захищає їх від взаємодії з водою.

Таким чином, одержаний результат дає підстави вважати вірним трактування проходження структуроутворення під час твердіння ГЦПВ. На основі результатів можливе прогнозування не тільки деформаційних властивостей розчину, а й водостійкості, адже утворення низькоосновних силікатів, гідроалюмінатів, гелеподібної форми гідросилікатів кальцію обумовлює гідравлічні властивості суміші, що підтверджується  $K_{розм} = 0,66$ .

#### ЛІТЕРАТУРА

1. А.В. Волженский и др. Влияние активного кремнезема на процессы взаимодействия алюминатных составляющих портландцементного клинкера с гипсом / Строительные материалы 1963, номер 1.
2. В.Ф. Коровяков Гипсовые вяжущие и их применение в строительстве / Российский Химический Журнал. Том XLVII (2003) №4