

сооружений под нагрузкой в условиях реконструкции / НИИСП Госстроя УССР. – К.: НИИСП, 1990. – 62 с. 3. Клевцов В. А., Юкневичюте Я. А., Богачюнас В. М. Провести исследования плит перекрытий многоэтажных зданий, усиленных путем создания неразрезности омоноличиванием при реконструкции и разработать рекомендации по их прочности // Отчет о НИР / НИИЖБ; Руководитель работы Клевцов В. А.; Шифр 24-VI6-I-86. – М., 1986. – 109 с. 4. Касасбех Абдельмажид, Мурашко Л. А. Прочность и жесткость железобетонных изгибаемых элементов, усиленных полимербетоном: Монография. – К.: КГТУСА, 1998. – 60 с. 5. Барашиков А. Я., Сунак О. П., Боярчук Б. А. Експериментальні дослідження згинальних залізобетонних елементів, підсилені різними способами // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. – Рівне: РДТУ, 2000. – Вип. 5. – С. 294 – 299. 6. Кріпак В. Д., Шинкарюк Ю. М., Адаменко В. М. Патент № 60606А. Універсальний стенд для досліджень залізобетонних плит. Україна, 15.10.2003, Бюл. № 10.

УДК 666. 96

Т.П. Кропивницька, У.Д. Марущак, М.М. Чекайло
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автомобільних шляхів

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ МОДИФІКОВАНИХ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ ДЛЯ МУРУВАЛЬНИХ РОБІТ

© Кропивницька Т.П., Марущак У.Д., Чекайло М.М., 2010

Показано вплив модифікаторів повітровтягувальної та прискорювальної дії на структуроутворення будівельних розчинів, встановлені фізико-хімічні закономірності формування мікроструктури цементного каменю. Виконано оптимізацію складів будівельних розчинів з комплексними модифікаторами повітровтягувальної дії, призначених для мурувальних робіт.

Ключові слова: будівельний розчин, структуроутворення, повітровтягувальна добавка, комплексний модифікатор, порова структура.

The influence of additives of aerating and accelerating action on mortar structure formation has been shown. The optimization of masonry mortar compositions with complex modifiers of aerating action has been set. Physical-chemical bases of modifying cement stone microstructure formation have been established.

Keywords: mortar, structure formation, aerating admixture, complex modifier, pore structure.

Постановка проблеми. Широке використання мурувальних розчинів у технології сучасного будівництва зумовлює підвищення вимог до якості розчинових сумішей та властивостей затверділого будівельного розчину, зокрема міцності та довговічності. Сьогодні для кам'яної кладки використовують переважно цементні або змішані розчини, які містять у своєму складі мінеральні пластифікуючі добавки (вапно кальцієве та магнезіальне), які вводять у суміші низькомарочних бетонів та розчинові суміші з метою забезпечення необхідної зручновкладальності та водоутримувальної здатності. Дло того ж такі будівельні розчини характеризуються значними усадочними деформаціями та невисокою морозостійкістю, тому їх не можна використовувати під час спорудження зовнішніх огорожувальних конструкцій. У зв'язку з цим, ефективності вирішення проблем у технології будівельних розчинів значною мірою сприяє впровадження групи хімічних модифікаторів – добавок повітровтягувальної, пластифікуючої та прискорювальної дії [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасна практика ведення будівельних робіт потребує високої якості мурувальних розчинів. Для забезпечення надійності кладки та витримки навантажень свіжовкладений будівельний розчин повинен повністю і рівномірно покривати поверхні будівельних виробів (цегла, пустотілі та пінобетонні блоки), компенсувати відхилення розмірів будівельних елементів та ущільнювати шви.

Під час виконання мурувальних робіт необхідно забезпечити незмінні рухомість та водотримувальну здатність розчинових сумішей, що виключає розшарування, седиментацію, забезпечує однорідність кладки, а також достатню міцність для забезпечення її несучої здатності та еластичність для попередження релаксацій напружень без тріщиноутворення. До того ж отримання високорухомих розчинових сумішей на основі цементу, піску та вапна у виробничих умовах є технологічно складно. Вони потребують підвищеної витрати цементу, схильні до водовідділення та розшарування. Тому для забезпечення технологічності рухомих розчинових сумішей і підвищення стійкості до розшарування в їх склад вводять добавки гідрофобно-пластифікуючої дії.

Повітровтягувальні добавки зумовлюють утворення в будівельному розчині великої кількості повітряних бульбашок (близько 10^9 в 1 м^3 суміші), які рівномірно розподілені в матриці цементного каменю [3]. На відміну від повітряних пор, утворених у результаті випаровування води з будівельного розчину, бульбашки захопленого повітря мають дуже малий середній розмір. Утворення в будівельному розчині емульсії повітря усуває безпосереднє взаємне тертя твердих частинок – заповнювачів розчину, що сприяє зростанню пластичності. Модифікування будівельних розчинів повітровтягувальними добавками зумовлює підвищення їх морозостійкості та водонепроникності затверділого будівельного розчину, що пов'язане з демпферуючою дією закритих сферичних повітряних пор. До того ж бульбашки повітря в затверділому камені спричиняють підвищення його пористості, що призводить до зменшення міцності.

З метою попередження втрати міцності будівельних розчинів, модифікованих повітровтягувальними добавками, виникає необхідність активізувати процеси гідратації та тверднення портландцементів у будівельному розчині за рахунок введення хімічних добавок-електролітів як прискорювачі тверднення. Використання комплексних модифікаторів для будівельних розчинів забезпечує [4]: зниження водопотреби; підвищення однорідності та зручновкладальності; зниження деформацій усадки; підвищення адгезії, морозостійкості, водонепроникності тощо.

Важливе значення під час тверднення модифікованих будівельних розчинів набуває характер формування та параметри порового простору цементного каменю, ступінь заповнення пор водою. Згідно з [3, 5], цементний камінь є трифазною системою у вигляді капілярно-пористого тіла. Тверда фаза цементного каменю складається з сукупності гідратних новоутворень та непрогідратованих зерен цементу. Будову і склад твердої фази зумовлює наявність другої фази – води, яка має істотне значення у визначенні міцнісних та деформативних властивостей цементного каменю затверділого розчину. Газова фаза, що характеризує розподіл повітря в порах та капілярах, обумовлює утворення і розвиток сил капілярного тиску та визначає формування міцнісних показників та деформативну здатність цементного каменю.

Особливі властивості комплексних хімічних добавок дозволяють регулювати швидкість тверднення цементного тіста і одночасно змінювати рухливість системи, структуру цементного каменю та його експлуатаційні характеристики у різних температурних умовах тверднення. Одержані ефекти зумовлені формуванням однорідної субмікропористої структури з максимально рівномірним розподілом у її об'ємі твердої фази.

Метою роботи є дослідження впливу добавок повітровтягувальної, пластифікуючої та прискорювальної дії на структуроутворення та міцність мурувальних розчинів, а також встановлення фізико-хімічних закономірностей формування мікроструктури цементного каменю.

Методи досліджень і матеріали. У роботі використано портландцемент ПЦ II/A-III-400 ВАТ "Івано-Франківськцемент" (мінералогічний склад портландцементного клінкеру, мас. %: C_3S – 60,20; C_2S – 16,88; C_3A – 5,60; C_4AF – 14,62), кварцовий пісок Давидівського родовища Львівської

області ($M_z=1,32$), комплексний модифікатор пластифікуючо-повітровтягувальної дії FEBMIX DN (ПВ), що є композицією ПАР на основі каніфолі та органічних похідних сульфонатів. Під час перемішування розчинової суміші добавка дає можливість захоплення певної кількості дрібних, рівномірно розподілених бульбашок повітря, які залишаються у затверділому розчині і покращують морозостійкість будівельного розчину. Це пластифікатор, який дає змогу виключити вапно з розчинів, у яких в'язучим є цемент. Як прискорювач тверднення використано модифікатори на основі натрію тіосульфату та роданіду ТУ У В-2.7-19266746.001-96.

Властивості розчинових сумішей і будівельних розчинів визначали згідно з ГОСТ 5802-86. Фізико-хімічні дослідження виконували методами рентгенофазового аналізу на дифрактометрі ДРОН-5 при CuK_{α} випромінюванні за методом порошків. Визначення температури, при якій змінюється фізичний стан речовини або її хімічний склад, проводили за методом диференційно-термічного аналізу на дериватографі OD-1500 Q. Дослідження морфології поверхні свіжих сколів зразків цементного каменю проводили з використанням растрового електронного мікроскопа РЕМ-106И з енергодисперсійним рентгенівським спектрометром ЕДАР. Для збільшення контрасту рельєфу на поверхню свіжих сколів зразків була нанесена за методом вакуумного термічного випаровування тонка електропровідна плівка міді.

Для визначення деформацій розширення свіжозамороженого будівельного розчину і температури початку замерзання рідкої фази використано метод низькотемпературної дилатометрії.

Результати досліджень. Умовою створення будівельних розчинів із покращеними технологічними та будівельно-технічними властивостями в різних умовах експлуатації, є направлене регулювання параметрів системи хімічними добавками пластифікуючо-повітровтягувальної дії та прискорювачами тверднення, що виявляють протиморозну дію.

З метою одержання максимальної міцності будівельних розчинів в нормальних умовах тверднення та за понижених додатних температур у разі забезпечення високої рухливості розчинових сумішей виконано математичне планування експерименту. Для встановлення оптимального складу комплексного модифікатора в заданому інтервалі зміни кількісного співвідношення його компонентів – пластифікуючо-повітровтягувальної добавки (ПВ) (0,03 – 0,07 мас. %) та прискорювача тверднення з протиморозною дією (ТРН) (0-3,0 мас. %) – використано один із методів статистичного оброблення результатів – метод ортогонально центрально-композиційного планування (ОЦКП).

Таблиця 1

Вплив добавок модифікаторів на фізико-механічні властивості будівельних розчинів (Ц:П=1:3,3; П8)

Вміст добавок, мас.%		В/Ц	Середня густина, кг/м ³	Границя міцності зразків при стиску, МПа, у віці, дб			
ПВ	ТРН			нормальні умови		+5 ⁰ С	
				7	28	7	28
0,03	0	0,72	1960	14,1	18,0	8,3	9,3
0,05	0	0,71	1920	11,6	17,5	7,7	9,9
0,07	0	0,65	1855	8,7	17,0	6,0	9,4
0,03	1,5	0,71	1975	15,4	19,3	8,4	9,9
0,05	1,5	0,67	1930	14,1	20,4	12,3	15,3
0,07	1,5	0,63	1860	13,5	18,3	9,0	10,9
0,03	3,0	0,69	1985	18,0	21,0	8,3	10,4
0,05	3,0	0,67	1940	10,6	19,8	8,2	13,1
0,07	3,0	0,62	1870	9,7	18,8	9,1	12,5
-	-	0,77	2100	14,6	18,2	5,9	9,1

Як показали результати досліджень (табл. 1), при сумісному використанні ПВ в кількості 0,05 мас.% та прискорювача тверднення (ТРН) – 1,5 мас.% спостерігається незначне підвищення

міцності будівельного розчину протягом усього періоду тверднення в нормальних умовах, тоді як за понижених додатних температур (+5°C) у віці 7 діб міцність при стиску зростає на 35%, а через 28 діб тверднення на 22%, порівняно з складом без добавок. Спостерігається зменшення середньої густини розчинової суміші на 9%. Варто відзначити, що в нормальних умовах тверднення найвищою міцністю характеризуються склади, які містять мінімальний вміст модифікатора пластифікуючо-повітровтягувальної дії та максимальний вміст прискорювача тверднення. Така закономірність спостерігається протягом 28 діб тверднення.

Аналіз наведених коефіцієнтів рівнянь регресії (табл. 2) свідчить, що додатні значення коефіцієнта b_{12} відображають позитивний сумісний вплив комплексної хімічної добавки на основі пластифікатора повітровтягувальної дії та прискорювача тверднення на міцність при стиску будівельного розчину протягом усього періоду тверднення, як в нормальних умовах, так і у разі понижених додатних температур (+5°C). Необхідно відзначити, що введення максимальної кількості гідрофобного пластифікатора та прискорювача тверднення до складу будівельного розчину призводить до зменшення його міцності у всі терміни тверднення, про що свідчать від'ємні знаки при коефіцієнтах b_{11} та b_{22} .

Таблиця 2

Результати розрахунків коефіцієнтів регресії

Функції відгуку	Коефіцієнт регресії					
	b_0	b_1	b_2	b_{12}	b_{11}	b_{22}
	<i>нормальні умови</i>					
R_{cm}^7	14,30	-2,600	0,650	0,725	-0,700	-2,650
R_{cm}^{28}	18,722	-0,700	1,183	0,300	-0,067	-0,083
	<i>(+5°C)</i>					
R_{cm}^7	10,667	-0,083	0,667	0,875	-1,150	-1,900
R_{cm}^{28}	13,500	0,700	1,400	0,750	-2,200	-1,100

На основі експериментальних даних у заданому інтервалі зміни кількісного співвідношення пластифікатора повітровтягувальної дії та прискорювача тверднення одержано регресійні рівняння міцності, графічна інтерпретація яких дає змогу визначити оптимальний їх вміст у складі будівельного розчину. Встановлено, що для досягнення необхідних показників рухомості розчинової суміші та міцності розчину на стиск через 28 діб тверднення у різних умовах тверднення кількість добавок становить 0,05 мас.% пластифікуючо-повітровтягувальної та 1,5 мас.% прискорювача тверднення.

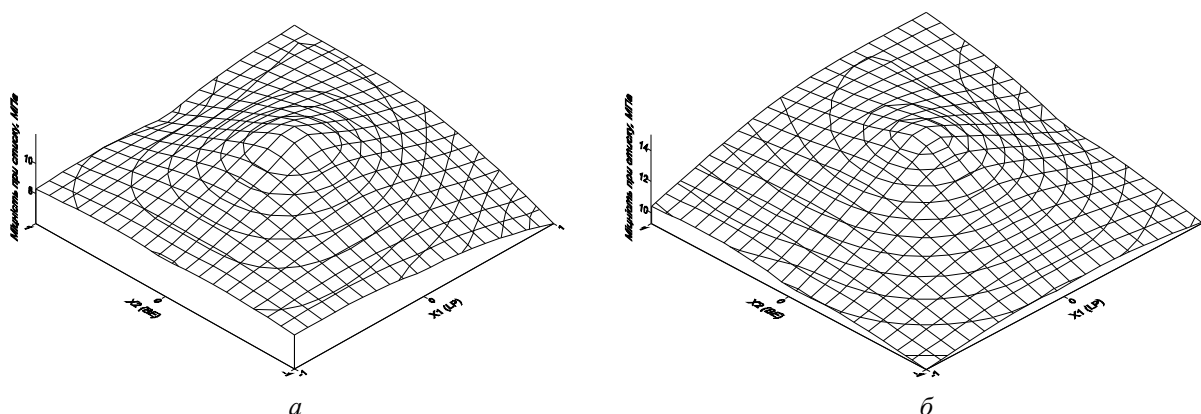


Рис.1. Ізоповерхні міцності модифікованого будівельного розчину (Ц:П=1:3,3) за пониженої додатної температури (+5°C) у віці: а – 7 діб; б – 28 діб

Характеристики міцності матеріалу безпосередньо пов'язані з його структурою і є її функцією. Характер пористості визначає основні властивості матеріалу – міцність, водопр-

никність, утримування та віддача вологи, стійкість до зовнішніх впливів та довговічність матеріалів [6]. У зв'язку з цим, вивчено вплив добавок-модифікаторів на параметри пористої структури будівельного розчину згідно з ГОСТ 12730.4-78 та методикою, проведеною за методом кінетики поглинання матеріалом води.

Результати визначення параметрів порової структури будівельного розчину, свідчать (табл. 3), що використання повітровтягувальної добавки ПВ дає змогу регулювати параметри інтегральної та диференціальної пористості матеріалу (показник середнього розміру пор – λ та показник однорідності пор за розмірами – α). Показано, що показник середнього розміру пор зменшується у разі збільшення дозування повітровтягувальної добавки, що зумовлено зниженням водовмісту системи та створенням закритих повітряних пор. До того ж потрібно відзначити зменшення однорідності розподілу пор у разі зростання кількості повітровтягувальної добавки. Так, введення 0,05 мас.% ПВ в кількості призводить до зменшення коефіцієнта середнього розміру пор λ до 1,95. Поєднання дії повітровтягувального пластифікатора та прискорювача тверднення забезпечує покращання порової структури матеріалу – зменшується середній розмір пор, кількість макропор та підвищується однорідність пор за розміром із забезпеченням дрібнопористої структури. Так, у разі використання комплексного модифікатора (0,05 мас.% ПВ + 1,5 мас.% ТРН) показник середнього розміру пор знижується до 0,82.

Таблиця 3

Основні параметри порової структури будівельних розчинів

Вміст добавки, мас.%		Середня густина, кг/м ³	$\Delta V/V_0$	Сорбційна вологість, %	Водопоглинання, %		α	λ
ПВ	ТРН				W _м	W _о		
-	-	2025	-	5,2	8,57	17,36	0,65	2,93
0,05	-	1878	7,8	3,9	7,84	14,72	0,45	1,95
0,05	1,5	1890	5,2	5,5	7,82	14,25	0,69	0,82

Комплексні хімічні добавки поліфункціональної дії мають важливе значення у формуванні властивостей розчинової суміші та структури цементного каменю під час тверднення [7]. У зв'язку з цим для дослідження структуроутворення та особливостей процесів гідратації цементів модифікованих хімічними добавками, використано комплекс методів фізико-хімічного аналізу. Згідно з даними рентгенофазового аналізу (рис. 2), негідратований портландцемент характеризується інтенсивними лініями алітової та белітової фаз ($d/n=0,302; 0,277; 0,218$ нм), трикальцієвого алюмінату та чотирікальцієвого алюмофериту ($d/n=0,268; 0,725$ нм). На дифрактограмах портландцементу, гідратованого 28 діб, фіксуються лінії новоутворених гідратних фаз: кальцію гідроксиду ($d/n=0,489; 0,263$ нм) та еtringіту ($d/n=0,973$ нм).

Вивчаючи процеси структуроутворення та особливості гідратації портландцементу ПЦ П/А-Ш-400 з хімічними модифікаторами поліфункціональної дії виконано порівняльні дослідження фазового складу портландцементів з повітровтягувальною та прискорювальною добавкою окремо, а також комплексною добавкою на їх основі. З введенням прискорювача тверднення на основі високорозчинних електролітів $Na_2S_2O_3$ і $NaCNS$ в кількості 1,5 мас.% потрібно відзначити зменшення інтенсивності ліній негідратованого цементу, що свідчить про прискорення процесу гідролізу алітової фази. До того ж інтенсивність ліній кальцію гідроксиду дещо зменшується, а еtringіту зростає, що пояснюється прискоренням реакцій його зв'язування у гідросилікати та AF_1 -фази за рахунок лужної активації добавкою ТРН складових шлаку. Ступінь гідратації на 28 добу тверднення для портландцементу ПЦ П/А-Ш-400 становить 65,2%, введення комплексної добавки (0,05 мас.% ПВ + 1,5 мас.% ТРН) дозволяє підвищити його до 72,4 %. Збільшення кількості гідратних фаз призводить до ущільнення та омонолічення мікроструктури цементного каменю, що сприяє зростанню його міцності.

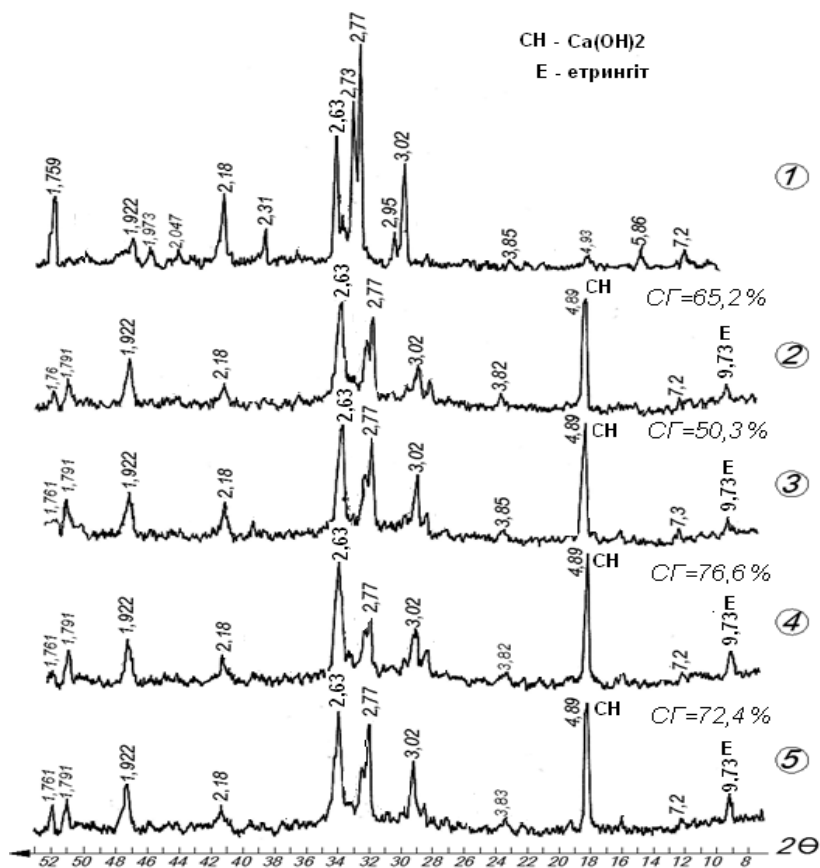


Рис. 2. Дифрактограма каменю на основі портландцементу ПЦ II/A-III-400, гідратованого 28 діб у нормальних умовах: 1 – негідратований; 2 – 5 – гідратований відповідно без добавок; з добавкою 0,05 мас.% ПВ; з добавкою 1,5 мас.% ТРН; з комплексною хімічною добавкою (0,05 мас.% ПВ + 1,5 мас.% ТРН)

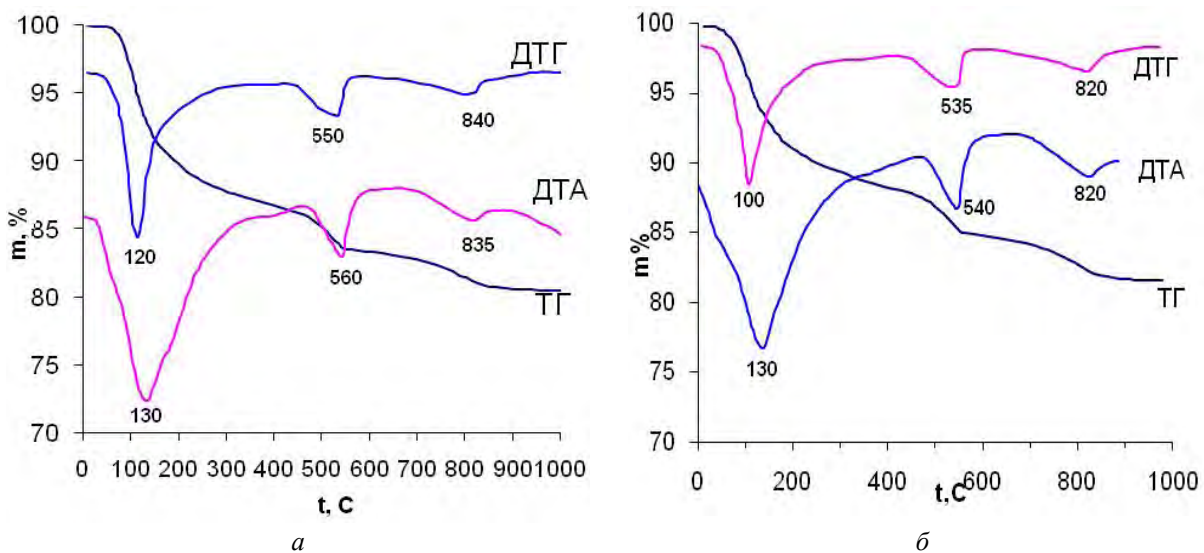


Рис. 3. Дериватограми каменю на основі портландцементу ПЦ II/A-III-400, гідратованого 90 діб в нормальних умовах: а – без добавок; б – з комплексною добавкою (0,05 мас.% ПВ + 1,5 мас.% ТРН)

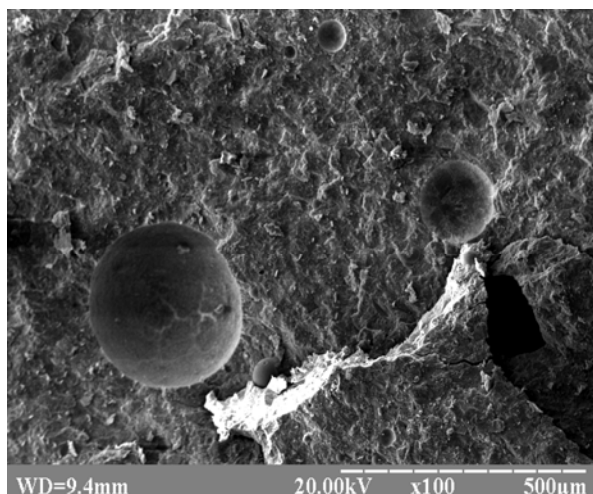
Згідно з даними термічного аналізу на дериватограмах модифікованого портландцементного каменю, гідратованого 90 діб, фіксуються ендоефекти в області температур 20–340⁰С, 340–445⁰С, 460–555⁰С, 700–900⁰С. Перший та другий ендоефекти відповідають виділенню адсорбційної та цеолітної води, відповідно, з еtringіту та гідросилікатів кальцію. Третій ендоефект відповідає

розкладу кальцію гідроксиду. Четвертий ендоефект проявляється внаслідок деяких складних процесів – розкладу гідрокарбоалюмінатів та кальцію карбонату з виділенням CO_2 .

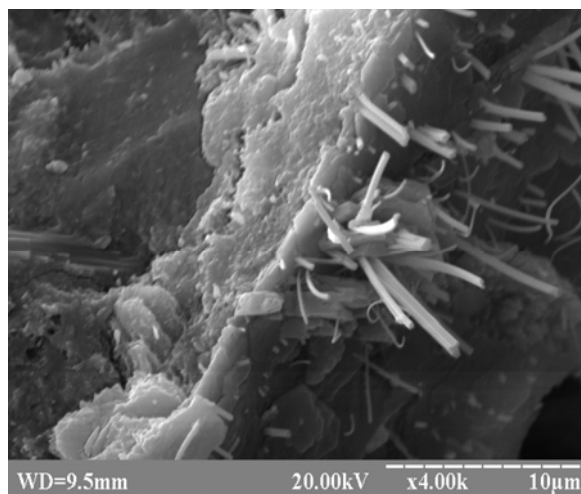
Характеристикою ступеня гідrataції портландцементу є втрати під час прожарювання. Як свідчать результати термогравіметричного аналізу, в цементному камені без добавок через 90 діб вони становлять 19,6%, тоді як при введенні комплексного модифікатора (0,05 мас.% ПВ + 1,5 мас.% ТРН) загальні втрати маси під час прожарювання зменшуються і становлять 18,89%. Розрахункове значення кількості $\text{Ca}(\text{OH})_2$ у цементному камені без добавок через 90 діб гідrataції становить 11,5 мас.%, а в камені з комплексним модифікатором – 12,1 мас.%. Кількість карбонатів у перерахунку на CaCO_3 становить для цементного каменю без добавок 6,8 мас.%, а у разі введення модифікаторів – 7,6 мас.%.

Як показали електронно-мікроскопічні дослідження (рис. 4, а), вакуольні пори, утворені повітряними бульбашками (діаметр 10 – 300 мкм), розміщені між цементними зернами. Проміжки між кулеподібною повітряною бульбашкою та ізометричним простором між цементними частинками були заповнені водою. Заростання цього простору відбувається згідно з схемою колективного росту кристалів в обмеженому об'ємі. Повітряні пори також вкриті тоньким шаром води, в якому виникають зародки кристалів. Та подальший їх ріст неможливий через відсутність необхідних умов. В результаті повітряна пора вкривається надзвичайно міцною та щільною кіркою – шаркатулою. Під час руйнування каменю вона виколюється на зовнішню поверхню, тобто на контакт з основною масою каменю, і на мікрофотографіях сколу цементного каменю видні капсули або ямки. Часто спостерігаються капсули з тріщинами по поверхні. Така структура пори пояснює різні властивості цементного каменю і передовсім підвищення його водонепроникності. Капсула перекриває відкриті капіляри, полегшує рух води відкритими капілярами, які розміщені навколо капсули.

Формування структури цементного каменю відбувається внаслідок розчинення клінкерних мінералів, кристалізації новоутворень, що проходить на границі розділу фаз. Згідно з даними електронної мікроскопії (рис. 4, б), для портландцементного каменю модифікованого комплексною добавкою (0,05 мас.% ПВ + 1,5 мас.% ТРН) характерна щільна структура. Контакт між зернами модифікованого каменю забезпечується за рахунок гексагональних кристалів портландиту, AF_m -фаз та голчатих AF_i -фаз. В окремих місцях спостерігається блочно-ритмічна структура, утворена паралельно орієнтованими лускоподібними гідросилікатами та призматичними кристалами кальцію гідроалюмінатів, що має велике значення для омонолічування цементного каменю та зростання його міцності.



а



б

Рис. 4. Мікроструктура каменю на основі портландцементу ПЦ II/A-III-400 з комплексною хімічною добавкою (0,05 мас.% ПВ + 1,5 мас.% ТРН), гідратованого 28 діб в нормальних умовах: а – розміщення вакуольних пор у структурі цементного каменю; б – кристалізація еtringіту на поверхні розділу фаз відкритої пори

Оскільки всі дефекти та тріщини в цементному камені певним чином впливають на його механічні властивості, то мікроструктура має визначальне значення в цих процесах. Для класу неметалічних (керамічних) матеріалів, до яких належить і цементний камінь, при пористості близько 10% міцність матеріалу знижується в два рази порівняно з абсолютно щільним матеріалом. З іншого боку, пори перешкоджають руйнуванню матеріалу. При високих градієнтах напружень, які виникають під час крихкого руйнування, термічних ударах, замерзання води, замкнуті пори перешкоджають поширенню тріщин у глибину твердого тіла, тому що напруження дуже швидко спадає від високого значення на поверхні пори до низьких значень в її внутрішніх частинах [3].

Сучасні технології будівництва вимагають також інтенсивних способів спорудження будівель, зокрема в умовах понижених додатних, знакозмінних і від'ємних температур. Тверднення будівельного розчину у цих умовах супроводжується інтенсивним льодоутворенням, що призводить до виникнення незворотних структурних деформацій і руйнування цементного каменю. Основною вимогою забезпечення тверднення в'язучих композицій при понижених та від'ємних температурах є попередження замерзання рідкої фази, що забезпечує їхню гідратацію до досягнення матеріалом необхідної міцності [8, 9].

З часом тверднення портландцементу і склад рідкої фази змінюється, тобто змінюється і температура її замерзання. У зв'язку з цим, досліджено вплив хімічних модифікаторів на температуру замерзання рідкої фази свіжоприготованої розчинової суміші (Ц:П=1:3,3, П8) та деформації розширення під час заморожування методом низькотемпературної дилатометрії. Встановлено, що температура початку льодоутворення рідкої фази будівельного розчину без добавок фіксується при $-2,2^{\circ}\text{C}$. При цьому деформації розширення становлять 0,93% і у разі подальшого охолодження до -15°C досягають 1,77% (17,7 мм/м). При введенні 0,04...0,10 мас.% аераційного пластифікатора для мурувальних розчинів легковкладальність розчинової суміші зростає на 30%, деформації льодоутворення становлять 0,91...0,58% і у разі подальшого охолодження досягають 1,07...0,86%. Отже, повітровтягувальна добавка створює і стабілізує під час замішування значну кількість дуже дрібних повітряних бульбашок, які мають значення демпферів під час розвитку напружень, що виявляються у разі замерзання води.

Висновки: Комплекс виконаних досліджень структуроутворення портландцементних композицій, модифікованих комплексними добавками поліфункціональної дії, дає змогу обґрунтувати можливість одержання високорухомих розчинових сумішей, пояснити механізм їх позитивного впливу на будівельно-технічні властивості та довговічність будівельних розчинів, в різних умовах експлуатації. Модифікатори повітровтягувально-прискорювальної дії дозволяють повністю вилучити вапно із складу будівельних розчинів, у яких в'язучим є цемент, значною мірою редукують кількість води, необхідну для одержання заданої консистенції та створюють замкнуті повітряні пори, а також прискорюють тверднення за понижених температур і на морозі. Модифікування будівельних розчинів повітровтягувальними добавками призводить до значного підвищення морозостійкості та водонепроникності затверділого будівельного розчину, що пов'язане з демпфуючою дією закритих сферичних повітряних пор. Фізико-хімічне модифікування будівельних розчинів високоефективними комплексними аераційними добавками стає одним з основних напрямків вирішення проблеми підвищення ефективності мурувальних робіт на сучасному етапі.

Фізико-хімічні дослідження модифікованого цементного каменю проведені під керівництвом д-ра техн. наук, проф. М.А.Саницького.

1. Гоц В.І. *Бетони і будівельні розчини* – К.: ТОВ УВПК “ЕксОб”, 2003. – 468 с. 2. Łukowski P. *Domieszki chemiczne do zapraw i betonów. Polski cement Sp.z o.o., Kraków, 1998.* – 32 s. 3. *Фізико-хімічні основи формування структури цементного каменя* /Л.Г. Шпынова, В.И. Чих, М.А. Саницький, Х.С. Соболев, С.К. Мельник. – Львов:Вища школа, 1981. – 160 с. 4. Рунова Р.Ф., Носовський Ю.Л. *Технологія модифікованих будівельних розчинів.* – К.: КНУБіА, 2007. – 256 с. 5. *Будівельне матеріалознавство* / [П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський та ін.]; під ред. П.В. Кривенка – К.: ТОВ УВПК “ЕксОб”, 2004. – 704 с. 6. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л. *Бетони і*

будівельні розчини. – К.: Основа, 2008. – 448 с. 7. *Modified composite cements and energetic aspects of waste utilization* / M. Sanytsky, T. Markiv, T. Kropyvnytska, T. Krutc // 3rd International Symposium „Non-Tradition Cement and Concrete”. – Brno, 2008. – P. 697-702. 8. *Комплексные модификаторы для цементных систем на основе тиосульфата и роданида натрия* / М.А. Саницький, У.Д. Маруцак, М.М. Чемерис, В.А. Пристай // *Материалы II Междунар. конф. “Бетон и железобетон. Пути развития”*. – Том 6. – М.: Дипак, 2005. – С. 130–140. 9. Кривинська Т.П. Модифіковані малоенергомісні цементи для будівельних розчинів / *Вісник На.о ун-ту “Львівська політехніка”. “Хімія та хімічна технологія”*. – 2009. – № 644. – С. 237–242.

УДК 624.012.45: 693.5

А.В. Мазурак, В.М. Калітовський

Львівський національний аграрний університет,
кафедра технології та організації будівництва

МІЦНІСТЬ І ДЕФОРМАТИВНІСТЬ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ПІДСИЛЕНИХ І ВИГОТОВЛЕНИХ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ТОРКРЕТУВАННЯ

© Мазурак А.В., Калітовський В.М., 2010

Наведено результати дослідження міцності і деформативності залізобетонних балок, підсилених і виготовлених торкретуванням та методика виготовлення і дослідження таких елементів.

Ключові слова: підсилення, міцність, деформативність, залізобетонні балки, торкретування.

In this article the results of research of durability and deformations of reinforced-concrete beams of increased are presented and made guniting that method of making and research of such elements.

Keywords: increase, durability, deformations, reinforced-concrete beams, guniting

Постановка проблеми. Сучасне будівництво вимагає ефективного будівельного виробництва, підвищення якості проектних рішень, раціонального використання нових конструкцій і матеріалів, що своєю чергою потребує значних наукових, проектних і технологічних досліджень.

Доцільність підсилення або відновлення будівельних конструкцій виникає як під час реконструкції, так і внаслідок передчасного корозійного або механічного зношення будівель та споруд.

У будівельній практиці використовують два основних способи підсилення залізобетонних елементів конструкцій – без зміни початкової статичної схеми і напруженого стану та із їх зміною. Підсилення під час збереження першого способу можливий у разі влаштування обойм, нарощувань, сорочок і додаткових розвантажувальних конструкцій і пристосувань [1, 2].

Виконання такого роду підсилення конструкцій пов'язано з необхідністю зчеплення, «зрощення» старого і нового бетону, причому від міцності і надійності цього з'єднання залежить ефективність використання нового перерізу елемента із двох бетонів, різних за віком. Виконані дослідження підтверджують надійність зчеплення старого і нового бетону за збереження технології вкладання нового бетону в конструкцію підсилення. У сьогоdnішніх умовах одним із найефективніших способів нанесення бетону на поверхню конструкції є торкретування, доцільність і ефективність якого підтверджена в вітчизняній і особливо, у закордонній практиці будівництва.

Ця технологія не є новою і привертає увагу завдяки своїй простоті і достатньо високій ефективності у цивільному і промисловому будівництві. Ще починаючи з появи першого патенту,