

БУДІВНИЦТВО КРАЇНИ

6'2018



Видається з 1993 р.
З 1959 р. до 1993 р. журнал "Промышленное строительство и инженерные сооружения"

Засновники: Мінрегіонбуд України,
ПАТ "КиївЗНДІЕП", УДНДІ "Діпромісто", ДП "Укрархбудінформ",
Академія будівництва України, Творча науково-технічна спілка будівельників України

ЗМІСТ

ВИСОТНІ БУДІВЛІ

**В.М. Першаков, С.І. Білик,
Є.А. Бакулін, О.І. Пилипенко**

КОНСТРУКТИВНІ СИСТЕМИ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ 2

**В.М. Першаков, С.І. Білик,
Є.А. Бакулін, О.І. Пилипенко**

КОНСТРУКТИВНІ СХЕМИ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ 7

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

В.М. Дерев'янюк, Н.В. Кондратьєва, Г.М. Гришко

ОСОБЛИВОСТІ ГІДРАТАЦІЇ МОДИФІКОВАНИХ ГІПСОВИХ СИСТЕМ 13

НАУКА – БУДІВНИЦТВУ

Т.І. Матченко, П.Т. Матченко

РОЗРАХУНОК ДИНАМІЧНОЇ ЖОРСТКОСТІ ОСНОВИ
ПІД ФУНДАМЕНТНОЮ ПЛИТОЮ 19

Я.С. Гук

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВИСОТ ГОРИЗОНТАЛЕЙ НА ТОПОГРАФІЧНИХ
КАРТАХ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ, ЩО ВІДПОВІДАЮТЬ ТЕМПЕРАТУРНИМ
ПАРАМЕТРАМ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ 27

У ДНАББ ім. В.Г. ЗАБОЛОТНОГО

Світлана Курій

ТЕМА ЖИТЛА ДЛЯ УКРАЇНСЬКОГО СЕЛА
В РОБОТАХ ВОЛОДИМИРА ЗАБОЛОТНОГО 33

СПЕЦПРОЕКТ ДП "УКРАРХБУДІНФОРМ"

Зміна № 1 ДБН В.2.5-64:2012

ВНУТРІШНІЙ ВОДОПРОВІД ТА КАНАЛІЗАЦІЯ.
ЧАСТИНА І. ПРОЕКТУВАННЯ. ЧАСТИНА ІІ. БУДІВНИЦТВО 37

- ◆ Передрук матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції.
- ◆ Редакція може не поділяти точки зору авторів.
- ◆ Відповідальність за підбір та висвітлення фактів у статтях несуть автори.
- ◆ За зміст реклами відповідає рекламодавець.

ОСОБЛИВОСТІ ГІДРАТАЦІЇ МОДИФІКОВАНИХ ГІПСОВИХ СИСТЕМ

В.М. Дерев'янюк, д.т.н., проф.,
Н.В. Кондратьєва, к.т.н., доц.,
Г.М. Гришко, к.т.н., доц.

Дніпро

Актуальність використання гіпсових в'язучих речовин полягає в тому, що їх одержання є найменш енергомістким, а процес гідратації регулюється в широких межах. Крім того, структура є однофазною, що значно спрощує технологію виготовлення виробів. Ці переваги спонукають дослідників повертатись до спроб одержання гіпсової структури із властивостями цементних в'язучих речовин.

Одним із напрямків формування такої структури є використання впливу добавок на процес гідратації. Особливо великий інтерес викликає використання пластифікаторів і нанодобавок у даній області досліджень.

Постановка проблеми. Тверднення гіпсових в'язучих відбувається в декілька етапів [1-3]. На першому етапі (підготовчий) частинки напівводного гіпсу після контактування з водою починають розчинятися з поверхні до формування насиченого розчину, одночасно починається топонімічна гідратація напівводного гіпсу. В результаті формування кристалів $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ концентрація $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ знижується. Це створює умови для подальшого розчинення нових порцій напівводного гіпсу до утворення насиченого, а потім пересиченого розчину. Процес продовжується до повної гідратації напівводного гіпсу. Цей період характеризується пластичним станом гіпсового тіста.

Якщо розглядати цей період більш детально, то настає час концентрації розчину С-1. Тобто подальший перехід напівводного в двоводний гіпс відбувається за топонімічною схемою.

На другому етапі двоводний гіпс, виділяючись із розчину, формує колоїднодисперсну масу в виді геля. Кристалики двугідрата зв'язані слабкими ван-дер-вальсовими силами молекулярного зчеплення. Перехід характеризується схопленням (загустінням).

Далі нестійкий гель перекристалізується в більш крупні кристали. Потім вони зростаються між собою в кристалічні зростки, що супроводжується твердненням системи і ростом її міцності.

Зазначені етапи накладаються один на другий і продовжуються до повного переходу напівводного гіпсу в двоводний – система досягає максимальної міцності. Подальше підвищення міцності відбувається за рахунок видалення більшої вологи (сушіння). При цьому із водного розчину виділяється двоводний гіпс і змінює контакти між кристалічними зростками.

Підраховано [4], розмір гідратних частинок, що утворились через розчин, складає 2,5 нм. Якщо ж частинка зароджується на поверхні твердої фази, то рівновісний її діаметр значно менший і складає 1,25 нм.

Особливостями формування центрів кристалізації гідрата $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ є те, що процес проходить в умовах коли ступінь пересичення розчину швидко змінюється [5]. І якщо на початку він досягає значної величини, то наприкінці наближується до одиниці. Відповідно ріст кристалів відбувається в дві стадії: при високому ступені пересичення – в кінетичній області, так як утворюються двомірні зародки (за Фольмером).

Зі зменшенням ступеня пересичення утворення двомірних зародків стає енергетично не вигідним. І швидкість зростання кристалів залежить від дифузії розчиненої речовини.

Розвиток структури тверднення при кристалізації двоводного гіпсу відбувається також у декілька етапів. На першому – формується каркас кристалізаційної структури і виникають контакти зростання між кристалами нової фази, на другому – ріст кристалів. На третьому етапі заповнюються об'єми і виникають напруження [6]. Процес гідратації завершується формуванням структури з відповідними властивостями.

Процес структуроутворення в загальному вигляді залежить від початкового складу в'язучих речовин, і речовин, які взаємодіють у процесі гідратації. Аналіз технічної літератури свідчить [7-10], що при виготовленні мінеральних в'язучих речовин перевага віддається створенню композиційних в'язучих. Тоді як в другу чергу –

використанню різних добавок і врахуванню факторів впливу на процес гідратації.

Одним із факторів впливу добавок на процеси гідратації є надлишкова поверхнева енергія, що з'являється на межі розділу фаз у системі "в'яжуче – вода" [1].

При цьому, більшість досліджень з використанням добавок зосереджувались на спробах структурування гіпсових та цементних матеріалів з метою створення продуктів із поліпшеними структурно-фізичними, фізико-механічними та техніко-експлуатаційними характеристиками.

Проведений авторами літературний аналіз показав, що інформації про достовірні механізми процесів гідратації мінеральних в'яжучих речовин в присутності модифікаторів недостатньо.

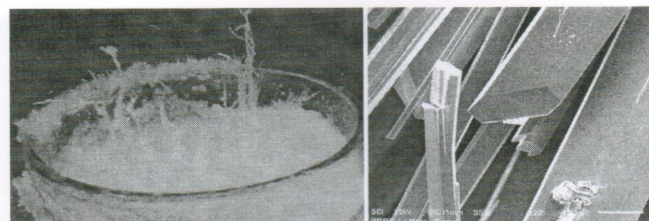
Метою досліджень є визначення впливу поверхнево-активних речовин (ПАР) на процес гідратації гіпсових в'яжучих речовин і структуроутворення та дослідження впливу пластифікаторів на основні фізико-механічні властивості цементних в'яжучих.

Програма досліджень передбачає визначення структури гіпсового в'яжучого, сформованої при мінімальному впливі інших факторів. Для цього використано методику зустрічного вирощування кристалів на основі розчинів CaCl_2 , Na_2SO_4 та H_2O .

Друга частина досліджень включає зустрічне вирощування кристалів гіпсу в присутності поверхнево-активних речовин. Тобто вплив ПАР на структуру і властивості гідратованого гіпсового та цементного в'яжучого.

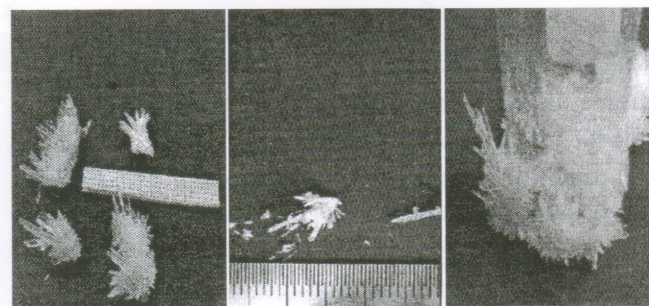
Результати досліджень. Розглядаючи форму кристалів, утворених розчином $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl}$, можна відмітити, що кожний кристал має вигляд тонких ниток, які формують просторову структуру валоподібного вигляду (рис. 1).

На фотографії розрізняються три шари. Нижній відносно щільний, середній – у вигляді хвойного лісу, з якого ростуть вертикальні кристали заввишки 25-30 мм. Вірогідно процес формоутворення залежить від концентрації початкових компонентів і проходить в три стадії. Це і виражає сформовану структуру. Характерно, що кристал представляє нитковидну основу (рис. 1,б), із якої ростуть голчасті кристали.



а б

Рис. 1. Фотографія (а) і мікрофотографія (б) кристалів, одержаних методом зустрічного вирощування на основі CaCl_2 , Na_2SO_4 , H_2O .



а б в г д е

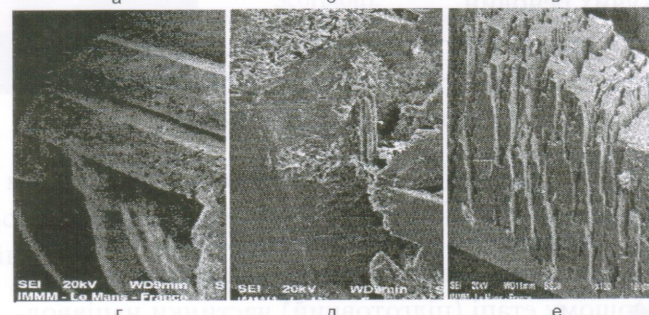
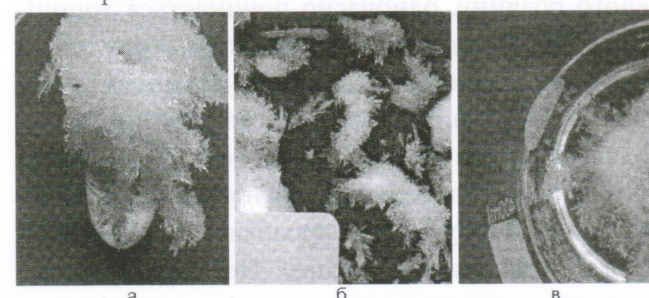


Рис. 2. Фотографії (а, б, в) і мікрофотографії (г, д, е) кристалів, вирощених у середовищі з пластифікатором Sika.



а б в г д е

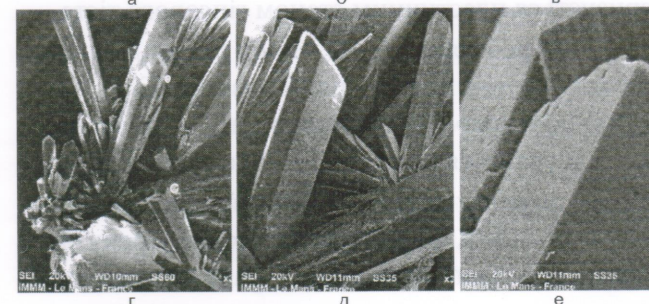


Рис. 3. Фотографії (а, б, в) і мікрофотографії (г, д, е) кристалів, вирощених у середовищі з пластифікатором ACE 430.

Мікроструктура гіпсових зразків, виготовлених без добавок, є волокниста із значною кількістю пор. Дуже добре видно, що ріст кристалів відбувається по гранях (010) з енергією 240 мДж/м² (рис. 1,б).

Згідно з планом експерименту для порівняння впливу ПАР були вирощені кристали в присутності добавок Sika Visco Grete, Glenium ACE 430, Master Air 81AIR, X-SEED 100 та інших (рис. 2, 3, 4, 5).

Кристали, вирощені в середовищі з пластифікатором Sika, мають стовбчасту гексагональну структуру. Довжина кристалів 0,7-1,5 см, товщина 1-1,5 мм (рис. 2). Спостерігається заростання пустот між шарами, а також початок росту кристалів з однієї точки. Це, очевидно, пов'язано зі зміною поверхневого натягу.

У присутності ACE 430 кристали теж мають стовбчасту щільну структуру (рис. 3).

В середовищі Seed структура стовбчаста гексагональна завдовжки 5-6 см, завширшки 0,5-0,8 мм, завтовшки 0,1-0,2 мм. Всі шари мають гексагональну форму і ростуть по ширині і довжині кристалів.

Додавання AIR у загальному вигляді не змінює структуроутворення (рис. 4).

Дослідження показали, що використання пластифікаторів сприяє росту кристалів за довжиною. Найкращі результати спостерігаються при використанні пластифікаторів Sika і ACE 430.

У процесі дослідження на форму кристалів впливає також процент відношення добавок за масою до початкових компонентів [11].

Рентгеноструктурний аналіз одержаних кристалів (рис. 5) CaSO₄·2H₂O показав, що молекули добавок не вступають в хімічну взаємодію. Це підтверджують дослідження [12].

Але інтенсивність процесу гідратації в'язучого пов'язана з впливом добавок на форму та розміри кристалів двуводного сульфату кальцію і залежать від поверхневої енергії грані (рис. 2, 3). Так без добавок розвиток йде по грані (010) з поверхневою енергією 240 ± 80 мДж/м² (див. рис. 2).

Оскільки, одним із найважливіших завдань будівельної галузі є впровадження ресурсо- і енергозберігаючих технологій, а застосування суперпластифікаторів дозволяє знизити вміст це-

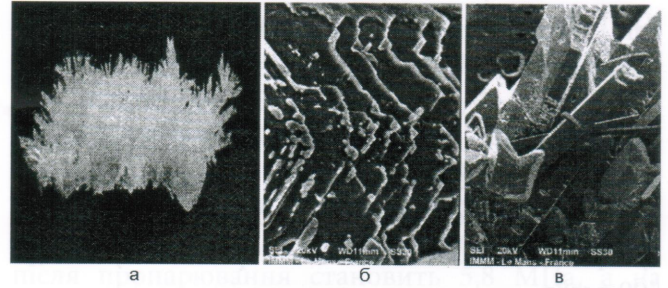


Рис. 4. Фотографії (а) і мікрофотографії (б, в) кристалів, вирощених у середовищі з пластифікатором AIR.

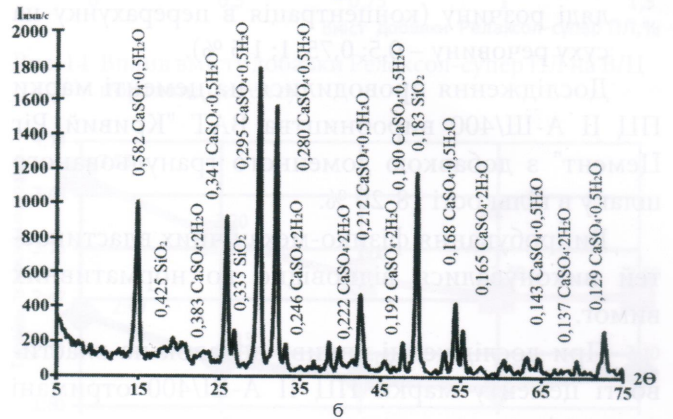
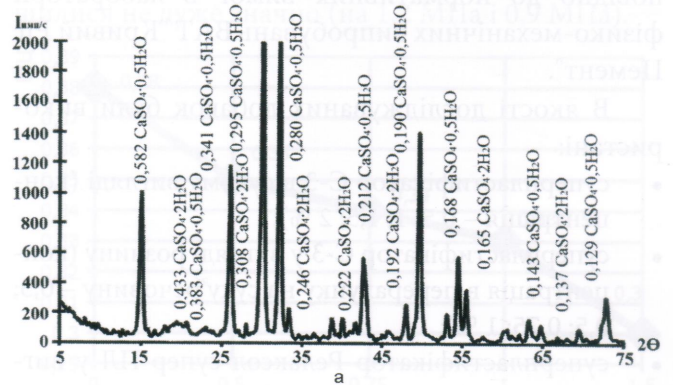


Рис. 5. Рентгенівська дифрактограма зразків: а – гіпс Г-5; б – гіпс Г-5 + пластифікатор Sika.

менту в бетоні (без втрати початкової міцності) або при тому ж вмісті води і цементу отримати високорухливу бетонну суміш та відповідає концепції енергозбереження, були також проведені дослідження щодо впливу на основні фізико-механічні властивості пластифікаторів у цементних в'язучих та бетонах.

Результати останніх досліджень показали [13-14], що застосування високорухливих і литих бетонних сумішей з обмеженим вмістом води дозволяє отримати міцність бетону на стиск у віці двох діб 30-50 МПа, у віці 28 діб – 60-150 МПа, морозостійкість F600 і вище, водонепроникність W12 і вище, водопоглинання менше 1-2 % за ма-

сою, стирання не більш 0,3-0,4 г/см², регульовані показники деформативності, в тому числі з компенсацією усадки, у віці 14-28 діб нормального твердіння, високу газонепроникність. В реальних умовах прогнозований термін служби такого бетону перевищує 200 років. Можливо отримання і супердовговічних бетонів зі строком служби до 500 років.

Всі випробування і досліди проводилися відповідно до нормативних вимог в лабораторії фізико-механічних випробувань ВАТ "Кривий Ріг Цемент".

В якості досліджуваних добавок були використані:

- суперпластифікатор С-3 в сухому вигляді (концентрація – 0,5; 1; 1,5; 2 %);
- суперпластифікатор С-3 у вигляді розчину (концентрація в перерахунку на суху речовину – 0,3; 0,5; 0,75; 1 %);
- суперпластифікатор Релаксол-супер ПЛ у вигляді розчину (концентрація в перерахунку на суху речовину – 0,5; 0,75; 1; 1,5 %).

Дослідження проводилися на цементі марки ПЦ ІІ А-Ш/400 виробництва ВАТ "Кривий Ріг Цемент" з добавкою доменного гранульованого шлаку в кількості 18-20 %.

Випробування фізико-механічних властивостей виконувалися відповідно до нормативних вимог.

При дослідженні впливу добавок на властивості цементу марки ПЦ ІІ А-Ш/400 отримані наступні результати.

При введенні С-3 в сухому вигляді в кількості від 0 до 2 % від маси цементу В/Ц відношення зменшилося на 13 % (рис. 6); початок тужавлення прискорився на 1 год 35 хв, кінець тужавлення сповільнився на 3 год 25 хв (рис. 7); межа міцності на вигин після пропарювання збільшилася на 0,7 МПа, межа міцності на стиск після пропарювання на 9,95 МПа (рис. 8); межа міцності на вигин у віці 28 діб збільшилася на 0,4 МПа, на стиск на 7 МПа (рис. 9).

При введенні С-3 у вигляді розчину (концентрація – 0,3; 0,5; 0,75; 1%) також спостерігалось зменшення водоцементного відношення, зміна термінів тужавлення і збільшення міцності. Результати показані на рисунках 10 – 13.

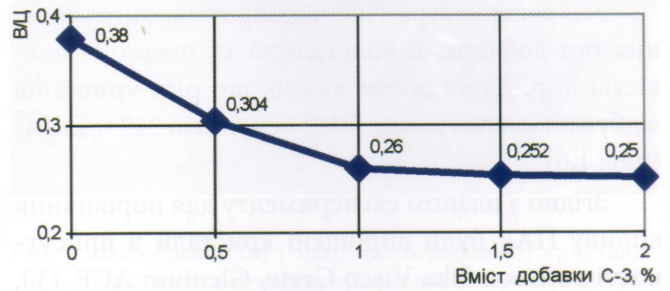


Рис. 6. Вплив вмісту добавки С-3 в сухому вигляді на В/Ц портландцементу.

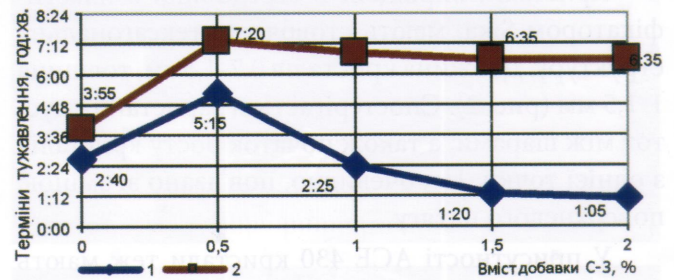


Рис. 7. Вплив вмісту добавки С-3 в сухому вигляді на терміни тужавлення портландцементу: 1 – початок тужавлення; 2 – кінець тужавлення.

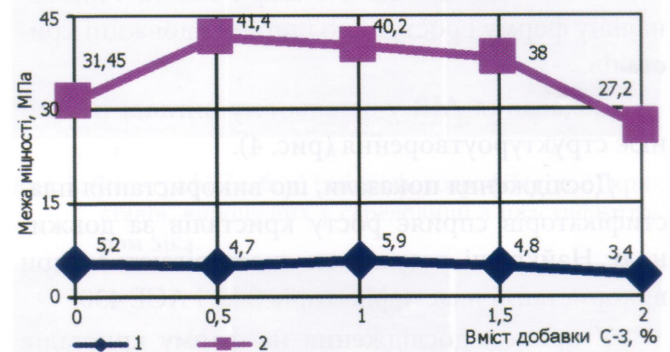


Рис. 8. Вплив вмісту добавки С-3 в сухому вигляді на міцність портландцементу після пропарювання: 1 – межа міцності на вигин; 2 – межа міцності на стиск.

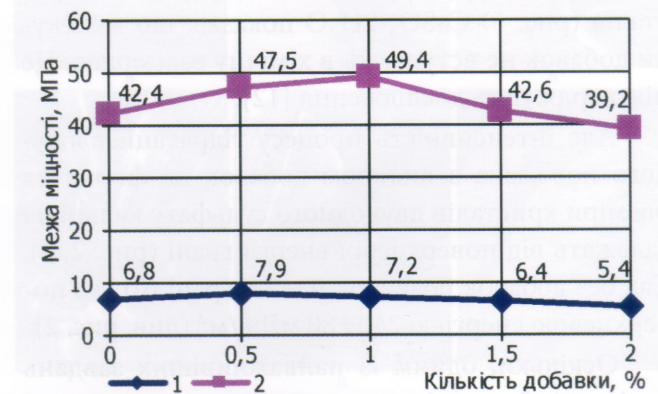


Рис. 9. Вплив вмісту добавки С-3 в сухому вигляді на міцність портландцементу в віці 28 діб: 1 – межа міцності на вигин; 2 – межа міцності на стиск.

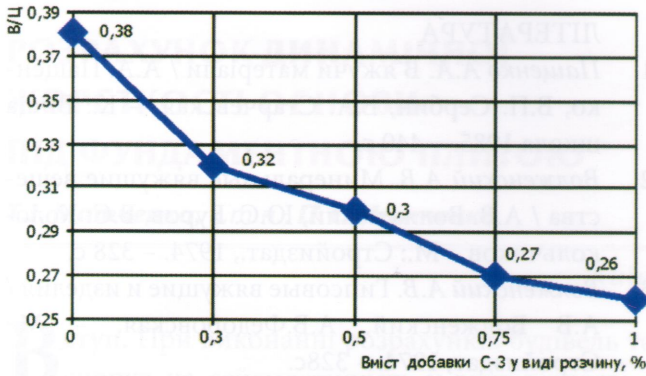


Рис. 10. Вплив вмісту добавки С-3 у вигляді розчину на В/Ц портландцементу.

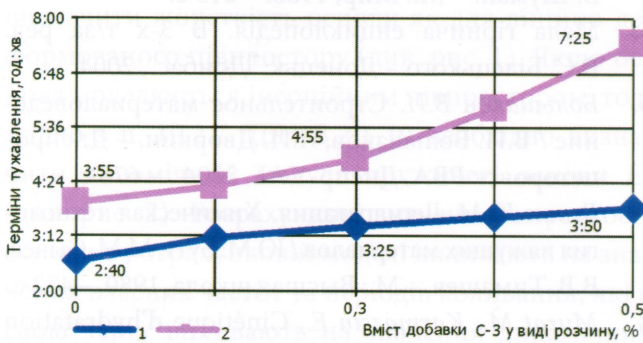


Рис. 11. Вплив вмісту добавки С-3 у вигляді розчину на терміни тужавлення портландцементу: 1 – початок тужавлення; 2 – кінець тужавлення.

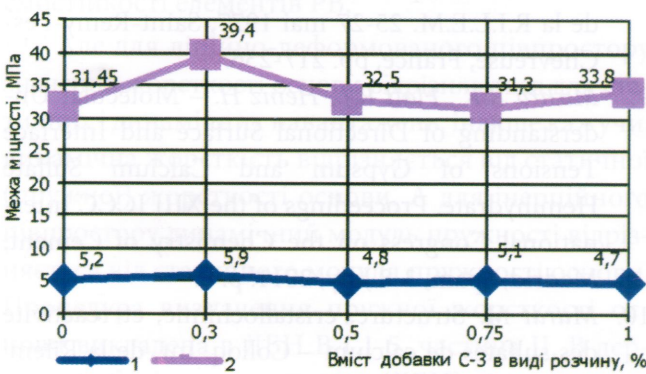


Рис. 12. Вплив вмісту добавки С-3 у вигляді розчину на міцність портландцементу після пропарювання: 1 – межа міцності на вигин; 2 – межа міцності на стиск.

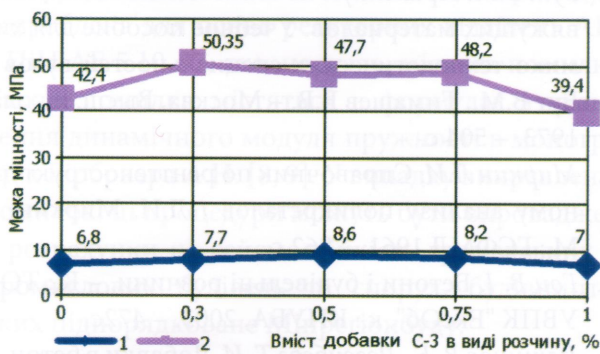


Рис. 13. Вплив вмісту добавки С-3 у вигляді розчину на міцність портландцементу в віці 28 діб: 1 – межа міцності на вигин; 2 – межа міцності на стиск.

При дослідженні впливу Релаксол-супер ПЛ у вигляді розчину (концентрація в перерахунку на суху речовину – 0,5; 0,75; 1; 1,5 %) на властивості портландцементу марки ПЦ ІІ А-Ш/400 було встановлено (рис. 14 – 17), що В/Ц зменшилось з 0,38 до 0,3; початок тужавлення зменшився на 30 хв, а кінець – на 1 год 5 хв, межа міцності на вигин після пропарювання становить 5,8 МПа, а на стиск – 36 МПа при вмісті добавки 0,75 %; межі міцності на стиск і на вигин через 28 діб збільшилися не дуже значно (на 1,2 МПа і 0,9 МПа).



Рис. 14. Вплив вмісту добавки Релаксол-супер ПЛ на В/Ц портландцементу.

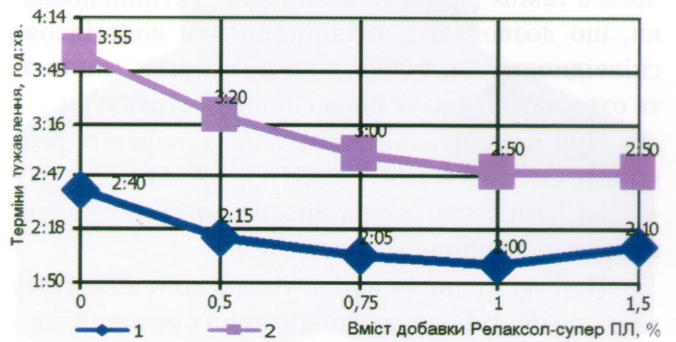


Рис. 15. Вплив вмісту добавки Релаксол-супер ПЛ на терміни тужавлення портландцементу: 1 – початок тужавлення; 2 – кінець тужавлення.

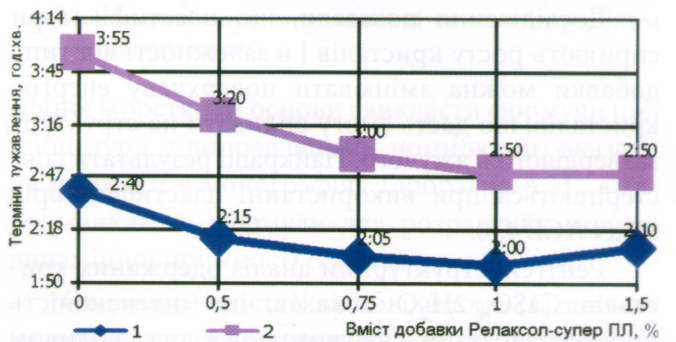


Рис. 16. Вплив вмісту добавки Релаксол-супер ПЛ у вигляді розчину на міцність портландцементу після пропарювання: 1 – межа міцності на вигин; 2 – межа міцності на стиск.

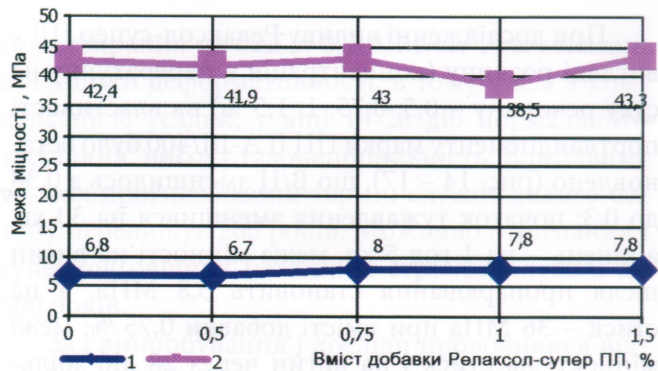


Рис. 17. Вплив вмісту добавки Релаксол-супер ПЛ у вигляді розчину на міцність портландцементу у віці 28 діб:

1 – межа міцності на вигин; 2 – межа міцності на стиск.

На підставі проведених досліджень були визначені оптимальні концентрації добавок для поліпшення властивостей портландцементу марки ПЦ ІІ А-Ш/400. Оптимальна концентрація добавки С-3 в сухому вигляді становить від 0,5 % до 1 %; в рідкому вигляді – 0,5 %; концентрація Релаксол-супер ПЛ становить 0,75 %.

Висновок. У результаті проведених досліджень було визначено вплив ПАР на структуру і властивості гідратованого гіпсового та цементного в'язучого, а також виділені найбільш ефективні добавки, що дозволяють значно знизити водогіпсове співвідношення, підвищити показники міцності та отримати в'язуче більш щільної структури.

При вирощуванні кристалів, утворених розчином $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl}$, мікроструктура гіпсових зразків є волокнистою зі значною кількістю пор.

При зустрічному вирощуванні кристалів гіпсу в присутності поверхнево-активних речовин спостерігається заростання пор між шарами. Ріст кристалів починається з однієї точки, що пов'язано зі зміною поверхневого натягу.

Дослідження показали, що пластифікатори сприяють росту кристалів і в залежності від типу добавки можна змінювати поверхневу енергію кристалів, що дасть змогу впливати на структуру затверділого в'язучого. Найкращі результати спостерігаються при використанні пластифікаторів Sika і ACE 430.

Рентгеноструктурний аналіз одержаних кристалів $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ показав, що інтенсивність процесу гідратації в'язучого пов'язана з впливом добавок на форму та розміри кристалів двоводного сульфату кальцію і залежать від поверхневої енергії грані.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пащенко А.А. В'язучі матеріали / А.А. Пащенко, В.П. Сербин, Е.А. Старчевская. – К.: Вища школа 1985. – 440 с.
2. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества / А.В. Волженский, Ю.С. Буров, В.С. Колокольчиков – М.: Стройиздат., 1974. – 328 с.
3. Волженский А.В. Гипсовые вяжущие и изделия / А.В. Волженский, А.В.Федоровская. – М.: Стройиздат, 1974. – 328с.
4. Шуман В. Горные породы и минералы. / В. Шуман. – М.: Мир, 1986. – 215 с.
5. Мала гірнича енциклопедія. В 3-х т/за ред. В.С. Білецького – Донецьк: "Донбас", 2004.
6. Большаков В.И. Строительное материаловедение / В.И. Большаков, Л.Й. Дворкин. – Днепропетровск РВА, Днепр-VAL, 2004. – 678 с.
7. Бутт Ю.М. Дегидратация. Химическая технология вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1980. – 472 с.
8. Murat M., Karmazsin E., Cinétique d'hydratation des sulfates de calcium sémihydratés. Essai d'interprétation des courbes "Vitesse – degré d'avancement". In: Compterendu du Colloque International de la R.I.L.E.M. 25-27 mai 1977, Saint-Remy-Les-Chevreuse, France, pp. 217-236.
9. Mishra R.K., Flatt R.J., Heinz H. – Molecular Understanding of Directional Surface and Interface Tensions of Gypsum and Calcium Sulfate Hemihydrate. Proceedings of the XIII ICCI International Congress on the Chemistry of Cement. Madrid, Spain, 3-8 July, 2011. p. 8.
10. Murat M. Structure, cristalochimie, et reactivite des sulfates de calcium – Colloq. Int. de la Rilem: Sulfates de calcium et matereaux derives. Lion 1977 p. 99.
11. Бут В.М. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. Учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов / Бут В.М., Тимашев В.В. – Москва, Высш. школа, 1973. – 504 с.
12. Миркин Л.И. Справочник по рентгеноструктурному анализу поликристаллов / Л.И. Миркин. – М.: ГСФМЛ 1961. – 862 с.
13. Гоц В. І. Бетони і будівельні розчини. – К.: ТОВ УВПК "ЕксОб", к.: КНУБА, 2003. – 472с.
14. Ратинов В. Б., Розенберг Т. И. Добавки в бетон. – М.: Стройиздат, 1979. – 256 с.