

ЦЕМЕНТУЮЧІ СИСТЕМИ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ

Мельник А.Я., аспірант, Позняк О.Р., к.т.н., доц.,
Марущак У.Д., к.т.н., доц.,

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Вступ. Будівельна галузь національної економіки України традиційно є споживачем значної кількості енергетичних ресурсів. В будівельному секторі споживається майже 50% природних ресурсів та понад 40% енергії. Збалансований розвиток у будівництві, основними принципами якого є мінімізація витрати енергії та матеріальних ресурсів у процесі спорудження та експлуатації будівельних конструкцій із зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище в будівництві, передбачає використання високоефективних теплоізоляційних стінових матеріалів [1]. Одним з найефективніших стінових матеріалів сьогодні є ніздрюватий бетон, зокрема, газобетон, вироби з якого характеризуються коефіцієнтом теплопровідності в 2...3 рази нижчим, ніж цегла або керамзитобетонні панелі, внаслідок чого стіни будівель із газобетону забезпечують необхідний термічний опір при збереженні товщини стінових конструкцій в межах 400...600 мм.

Постановка проблеми. Затрати на виробництво газобетону неавтоклавного тверднення є значно нижчими порівняно з виробництвом автоклавного газобетону. Проте, характеристики міцності неавтоклавних газобетонів істотно поступаються автоклавним газосилікатам, що трохи стримує їх поширення. Це пов'язано в першу чергу з тим, що процеси гідратації газобетонів в умовах автоклавної обробки протікають повністю і продукти гідратації термодинамічно стійкі при нормальній температурі і практично не розчиняються у воді. Процеси гідратації неавтоклавних газобетонів не завершуються навіть після 28 діб тверднення, а продукти гідратації не всі стійкі при нормальній температурі і розчиняються у воді. Для підвищення міцнісних властивостей неавтоклавних газобетонів доцільно зв'язувати гідроксид кальцію, що утворюється при гідратації портландцементу, в більш міцні і водостійкі сполуки, наприклад гідросилікати кальцію. Тому, актуальною є проблема дослідження способів підвищення експлуатаційних характеристик газобетону за рахунок уповільнення процесами структуроутворення

міжпорових перегородок шляхом створення модифікованих цементуючих систем.

Аналіз останніх джерел і публікацій.

Теоретичними та експериментальними дослідженнями ніздрюватих бетонів, проведеними на основі загальних положень, розроблених П.І. Боженівим, А.Т. Барановим та ін. показано, що збільшення вмісту золи-винесення в складі ніздрюватого бетону призводить до погіршення його фізико-механічних характеристик [2].

В останні роки в якості високоефективної пуцоланової добавки все більшу популярність набуває високоактивний метакаолін (ВМК). Введення ВМК в склад ніздрюватобетонних сумішей дозволяє підвищити міцність ніздрюватих бетонів при заданій густині або знизити густину при сталій міцності. Це обумовлено двома факторами: зростанням міцності міжпорових перегородок за рахунок підвищення міцності цементного каменю; покращенням порової структури газобетону. Крім цього алюмосилікатна складова метакаоліну здатна активно взаємодіяти з гіпсом, що міститься в портландцементі. Контрольоване утворення еtringіту на ранніх стадіях тверднення газобетону дозволяє суттєво знизити усадочні деформації [3-5].

Дослідженнями [6] показано, що в ніздрюватих бетонах спосіб газоутворення впливає на мікроструктуру та властивості одержаного матеріалу. Структура матеріалу з ніздрюватого бетону характеризується твердою мікропористою матрицею та макропорами. Макропори формуються за рахунок розпушення маси, викликаного її аерацією, а мікропори з'являються в стінках міжпорових перегородок макропор.

Тому актуальним є питання створення цементуючих систем, які дозволяють одержувати ніздрюваті бетони з оптимальною поровою структурою та покращеними експлуатаційними характеристиками при мінімальних затратах на виробництво даного матеріалу.

Методи досліджень і матеріали. В роботі при проведенні експериментальних досліджень використовували портландцемент ПЦ І-500 ВАТ "Івано-Франківськцемент" з наступними показниками: питома поверхня $S_{\text{пит}}=320 \text{ м}^2/\text{кг}$, залишок на ситі №008 – 1,6 %, початок тужавіння – 1 год 20 хв, кінець тужавіння – 5 год 50 хв, НГЦТ – 29%. Як дрібнодисперсний наповнювач використовували золу-винесення Бурштинської ТЕС з істинною густиною – $2,32 \text{ г/см}^3$, насипною густиною – 810 кг/м^3 , залишком на ситі №008 – 8,7 мас.%. Як мінеральний компонент використовували метакаолін з середнім розміром частинок 1-5 мкм, насипною густиною $304,0 \text{ кг/м}^3$, залишком на ситі №0063 - 1,32 мас.%, питомою поверхнею – $15 \text{ м}^2/\text{г}$, втратами при прожарюванні – 1,2

мас.%, з наступним хімічним складом, мас.%: Al_2O_3 - 43,8; SiO_2 - 53,42; Fe_2O_3 - 0,75; TiO_2 - 0,58; CaO - 0,45. В якості газоутворюючого компоненту застосовували алюмінієву пасту марки «Газобетонлайт». Фізико-механічні властивості газобетону (Ц:3=1:1) визначали згідно стандартних методів випробувань.

Результати досліджень. Для визначення впливу мінеральних добавок, зокрема, золи-винесення та метакіоліну, на міцність цементного каменю готували цементні композиції на основі портландцементу ПЦ І–500 з 10 мас.% тонкодисперсних мінеральних компонентів. З метою максимального наближення до умов одержання газобетону випробування цементного тіста проводили при В/Ц=0,41, що забезпечує розплив циліндра Суттарда 190 мм, при якому досягаються оптимальні параметри газобетонної суміші. Слід відзначити, що введення мінеральних добавок спричиняє спад міцності цементного каменю лише в ранні терміни тверднення. Так, міцність цементного каменю без добавок через 28 діб тверднення складає 54,5 МПа, з добавкою золи-винесення – 58,8 МПа (технічний ефект $\Delta R=7,9\%$), з добавкою метакіоліну – 63,5 ($\Delta R=16,5\%$) МПа.

Одним із способів інтенсифікації процесів гідратації цементних систем є їх механоактивація. Встановлено [7], що цементні частинки під впливом потужних механічних дій отримують зміни на рівні кристалічної ґратки і стають енергетично активними і більш реакційно здатними. Дослідженнями впливу механоактивації на властивості цементних композицій показано, що міцність цементного каменю зростає в усі терміни тверднення (табл. 1), найвищу міцність цементного каменю забезпечує використання в складі цементної системи метакіоліну.

Таблиця 1

Вплив механоактивації на міцність цементних систем
(розплив конуса циліндра Суттарда 190 мм)

№ п/п	Склад цементної системи, мас. %			В/Ц	Границя міцності при стиску, МПа, через, діб тверднення			
	Ц	З	МК		3	7	14	28
1	100	-	-	0,42	25,6	33,8	42,5	54,5
2	90	10	-	0,42	25,5	40,0	54,4	62,5
3	90	-	10	0,43	46,3	58,8	63,5	68,0

В технології виробництва неавтоклавного газобетону для одержання виробів із заданими міцністю та середньою густиною, важливою характеристикою є кратність спучування. Проведеними дослідження-

ми впливу добавки метаксаоліну на кінетику спучування газобетонних сумішей встановлено (рис. 1), що газобетонна суміш на звичайному портландцементі характеризується часом наростання масиву, що становить 13 хв. При використанні модифікованої цементуючої системи, що містить 5 мас.% метаксаоліну час наростання газобетонного масиву складає 14 – 16 хв при сталій кратності спучування. Подальше збільшення вмісту метаксаоліну зумовлює зниження величини кратності спучування та незначного збільшення водотвердого відношення при забезпеченні постійного розпливу конуса циліндра Сутгарда, (РК = 190 мм).

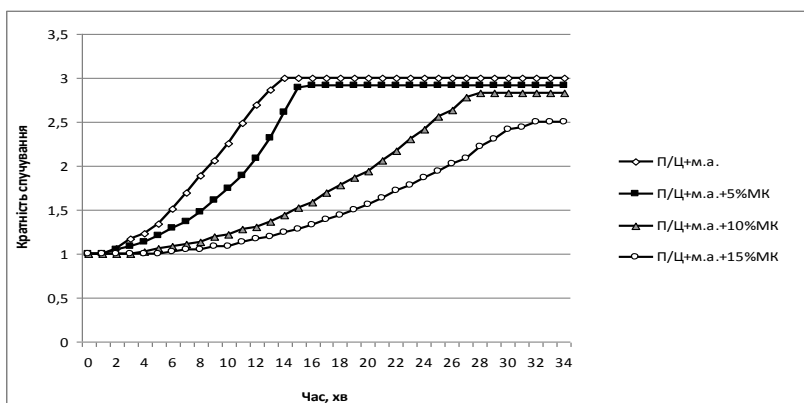


Рис. 1. Кінетика спучування газобетонної маси

Дослідженнями впливу активних мінеральних добавок на міцність газобетону встановлено, що використання цементної композиції, яка містить 5 мас.% метаксаоліну зумовлює незначне зростання міцності газобетону при збереженні його середньої густини. Так, на 7 добу тверднення приріст міцності становить 3,7 %, на 28 добу - 4,6 %, порівняно з газобетоном на основі звичайного портландцементу.

Вивчення особливостей процесів структуроутворення міжпорових перегородок газобетону проводили на модельних системах: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – алюмінієва паста, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – метаксаолін – алюмінієва паста. Згідно даних рентгенофазового аналізу на дифрактограмах (рис. 2) модельної системи, що містить $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та алюмінієву пасту, у всі терміни тверднення фіксуються лінії портландиту ($d/n = 0,493; 0,263; 0,193$ нм) та метастабільного гексагонального гідроалюмінату кальцію $\text{Ca}_2\text{Al}_2(\text{OH})_{10} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ($d/n = 1,07; 0,536; 0,287$ нм). При введенні в склад

модельної системи метакеоліну на дифрактограмах фіксуються інтенсивні лінії, що відповідають гідрокальміту $\text{Ca}_4\text{Al}_2(\text{OH})_{14}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ($d/n=0,820; 0,388; 0,288; 0,245$ нм), який відноситься до групи водних гідроксидів і може містити в решітці значну кількість аніону CO_3^{2-} . Крім цього на дифрактограмах присутні лінії карбонату кальцію ($d/n=0,303; 0,227; 0,208$ нм) та портландиту ($d/n=0,493; 0,263; 0,193$ нм). Слід відзначити, що через 28 діб тверднення на дифрактограмах даної системи інтенсивність ліній карбонату та портландиту є значно меншою, а інтенсивність ліній гідрокальміту зростає, що свідчить про інтенсивну взаємодію компонентів системи.

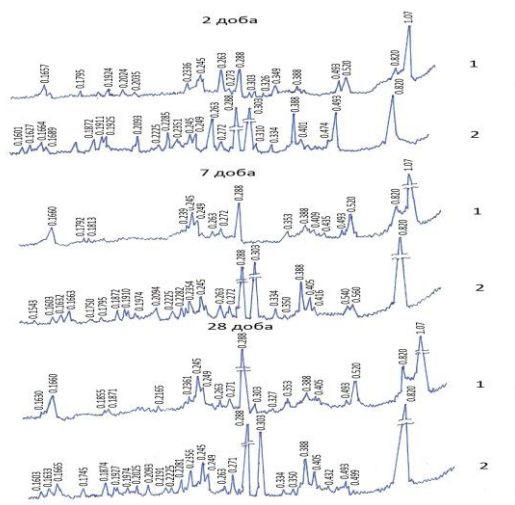


Рис. 2. Дифрактограми модельних систем:
1 – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – алюмінієва паста;
2 – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – метакеолін – алюмінієва паста

Відомо [8], що вапняк може виконувати активну структуроутворюючу роль в процесах гідратації портландцементу, а також є підкладкою для кристалізації гідратних утворень, прискорює гідратацію і забезпечує добре зчеплення між складовими каменю. Тобто, вапняк у полімінеральних модельних системах, які за складом відповідають цементам з мінеральними добавками, відіграє роль активатора тверднення, який сприяє повнішому прояву активності іншими компонентами системи.

Проведеними дослідженнями впливу вапнякового мікронаповнювача на властивості газобетону встановлено, що використання цементу-

ючої системи, яка містить 5 мас.% метаксаоліну і 5 мас.% вапнякового борошна забезпечує час наростання газобетонного масиву при кратності спучування 2,68 складає 18 хв., приріст міцності газобетону на 7 добу тверднення на 33%, порівняно з газобетоном на основі звичайного портландцементу. Після 28 діб тверднення міцність газобетону з середньою густиною 650 кг/м^3 на основі модифікованої цементуючої системи складає 1,48 МПа, в той час, як міцність газобетону на звичайному портландцементі – лише 1,02 МПа.

Дослідженнями порової структури газобетону встановлено, що при використанні в якості в'язучого звичайного портландцементу переважаними є пори розміром 1,1-2,2 мм, кількість яких становить 61%. При застосуванні модифікованої цементної композиції, що містить 5 мас.% метаксаоліну та 5 мас.% вапнякового мікронаповнювача спостерігається зростання кількості дрібних пор розміром 0,2-1,0 мм з 23,5% до 76,4%, товщина міжпорових перегородок складає 0,16 – 0,21 мм (рис. 3).

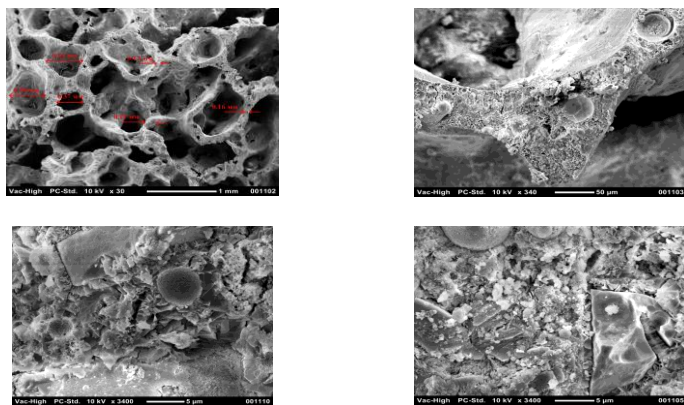


Рис. 3. Мікроструктура міжпорових перегородок газобетону на основі модифікованої цементної композиції

Висновок

Таким чином, використання модифікованих цементних композицій, які містять метаксаолін та вапнякове борошно дозволяє отримати неавтоклавний газобетон марки за середньою густиною Д600 класом за міцністю при стиску В1 за рахунок регулювання порової структури газобетону та направленої структури цементної матриці міжпорових перегородок.

Summary

In the article the research results of non-autoclaved aerated concrete based on modified cement systems are presented. It is shown that the use of modified cement compositions containing metakaoline and limestone filler provides obtaining of non-autoclaved aerated concrete with an average density of D600 and class B1 by compressive strength.

Література

1. Саницький М.А. Енергозберігаючі технології в будівництві: навч. посібник / М.А. Саницький, О.Р. Позняк, У.Д. Марущак. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 236 с.
2. Опекунов В.В. Эффективное применение пористых бетонов / В.В. Опекунов // Строительные материалы и изделия. - 2009. - №12. - С.13-16.
3. Багатокомпонентні цементи для виготовлення ніздрюватого бетону: матеріали І-го міжнародного науково-практичного семінару [«Теорія і практика виробництва і застосування ніздрюватого бетону в будівництві»]. – Дніпропетровськ. – 2003. – С. 125-127.
4. Caladron M.A. /Gruber K.A. and Burg R.G. High Reactivity metakaoline:A. New Generation of Mineral Admixture. / Caladron M.A., Gruber K.A., Burg R.G //Concrete International. – 2006. - №11. - P.32-40.
5. Барановская Е.И, Мечай А.А., Технология высокопрочного ячеистого бетона/ Е.И. Барановская, А.А. Мечай // Строительные материалы и изделия. - 2008. - №3-4. - С.35-38.
6. Narayanan N. Structure and properties of aerated concrete: a review / N. Narayanan, K. Ramamurthy //Cement and concrete Composites. – 2000. – №22. – P. 321-329.
7. Пашенко А.А. Теория цемента. / Пашенко А.А., Мясникова Е.А., Саницький М.А. / Под ред. А.А. Пашенко. - К.: Будівельник, 1991. - 169 с.
8. Саницький М.А. Модифіковані композиційні цементи: навч. посібник / М.А. Саницький, Х.С. Соболев, Т.Є. Марків,. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 132 с.