

ПІНОБЕТОНИ З ХІМІЧНО АКТИВОВАНОЮ ЗОЛОЮ - ВИНОС

Завдяки широкому діапазону технічних показників та теплоізоляційним властивостям ніздрюватий бетон може бути використаний у будівництві як конструкційно-теплоізоляційний або теплоізоляційний матеріал. Коефіцієнт теплової активності виробів із ніздрюватого бетону значно нижче, ніж у існуючих традиційних матеріалів. Нагрівання приміщення проходить тим швидше, чим нижче коефіцієнт теплової активності огорожуючих виробів приміщення. Незважаючи на високу ефективність ніздрюватого бетону частка виробів з нього в загальному обсязі стінових матеріалів України досягає лише 6-8 %, тоді як в інших країнах цей показник перевищує 30 %.

Максимальні обсяги виробництва виробів з ніздрюватого бетону в колишньому СРСР приближалось до 6 млн. м³, в Україні – до 1,5 млн. м³, на сьогодні виробляється близько 0,4 млн. м³ виробів з ніздрюватого бетону, а потреба в них за досягнутих обсягів будівництва житла (майже 6-7 млн. м²) становить 2,5 - 3 млн. м³. З урахуванням прогнозних обсягів розвитку житлового будівництва річна потреба у виробництві ніздрюватого бетону вже у 2005 році зростає до 5-6 млн. м³ на рік, тобто в 15 разів порівняно з обсягами його виробництва у 2003 році.

Технологічне обладнання на вітчизняних підприємствах не дає змоги виготовляти вироби з високим коефіцієнтом конструктивної якості та точністю геометричних розмірів. Забезпечення підвищення термічного опору огорожуючих конструкцій на сьогодні є надзвичайно актуальним. Кращі заводи колишнього СРСР виготовляли конструктивно-теплоізоляційні ніздрюваті бетони класу В 3,5 (міцність на стиск 50 кг/см²) при щільності порядку 700 кг/м³., тоді як європейські виробники – “Сіпорекс”, “Хебель”, “Ітонг” та інші виготовляють ніздрюватий бетон автоклавного твердіння з міцністю на стиск 50 кг/см², але при цьому щільність складає лише - 500 кг/м³. Зарубіжні фірми використовують

робочий тиск при гідротермальній обробці силікатних матеріалів до 12 МПа, вітчизняні, як правило, – 8-10 МПа.

Синхронізація процесу газовиділення і набуття пластичної міцності газобетону-сирцю забезпечує умови формування якісної його макроструктури. Використання вібраційно - динамічних дій під час вспучювання газобетону та комплексних поліфункціональних добавок забезпечує зменшення вологості газобетону після гідротермальної обробки виробів та інтенсифікує технологічний процес його виробництва. При цьому зростає міцність на стиск, зменшується усадка, водопоглинання і в цілому зростає коефіцієнт конструктивної якості газобетону [1].

В Україні на державному рівні приймаються заходи щодо збільшення обсягів виробництва ніздрюватих бетонів. Метою Програми розвитку виробництва ніздрюватих бетонних виробів та їх використання у будівництві на 2005-2011 роки, яка затверджена Постановою КМУ 26 травня 2004 р. N 684, є забезпечення зниження вартості об'єктів будівництва, збереження енергоресурсів за рахунок використання для спорудження будівель теплозберігаючих матеріалів з ніздрюватого бетону.

Основними завданнями Програми є: розроблення конструктивно-технічних рішень, нормативної документації для здійснення будівництва та реконструкції будинків, реалізації експериментальних проектів будинків з використанням виробів з ніздрюватого бетону; розроблення, виготовлення та впровадження технологічного обладнання для розвитку виробництва ніздрюватого бетонних виробів, налагодження з цією метою виробництва технологічного обладнання на вітчизняних машинобудівних підприємствах; розроблення технологій виробництва сировинних матеріалів для ніздрюватого бетону та виробів з нього; реконструкція заводів з виготовлення виробів з ніздрюватого бетону; організація на домобудівних комбінатах виготовлення виробів з ніздрюватого бетону не автоклавного твердіння; організація виготовлення на заводах, що випускають силікатну цеглу, виробів з ніздрюватого бетону; розширення номенклатури виробів з ніздрюватого бетону.

Будівництво нових заводів по виробництву бетонів автоклавного твердіння вимагає значних капітальних вкладень. Алюмінієва пудра (ПАП-1 і ПАП-2), яка використовується в якості газоутворювача при виробництві газобетону, в Україні не виробляється і є досить дорогим його компонентом. Саме тому на сьогодні широке поширення отримало виробництво одного із різновидів ніздрюватих бетонів – пінобетону. Це зумовлено простотою його технології і доступністю обладнання та піноутворювачів.

По мірі зростання обсягів будівництва і при наявності ринку збуту пінобетонних виробів буде зростати кількість міні-заводів та цехів, які виробляють цю продукцію. При цьому перепрофіліруються потужності індустриального домобудування та проектується нові технологічні лінії по виготовленню пінобетону та виробів з нього [2].

Результати порівняльної комплексної оцінки властивостей більшості (біля 30 видів) піноутворювачів, головним чином синтетичних, які використовуються в країнах СНД, показали значні коливання таких технологічних параметрів як: робоча концентрація 2-10 %; кратність піни 3-24; стійкість піни 10 с – 40 хв; коефіцієнт використання піни по об'єму 0,4-0,92; гальмування гідратації цементу до 3-5 раз; зниження міцності 10-60 %; зниження водопотреби (пластифікація) 0-30 % [3-4].

На відміну від автоклавного синтезу низькоосновних гідросилікатів кальцію із суміші молотого кварцевого піску і вапна (цементу) в бетонах автоклавного твердіння, в пінобетонах, які набирають міцність при звичайні температурі, чи пропарці кремнезем виконує лише функцію наповнювача і структуроутворюючого компонента. Наявність в складі пінобетону ПАВ гальмує гідратацію в'язучого і потребує суттєвого зростання витрат цементу і навіть при високих його витратах не гарантує йому високу міцність. Пори в пінобетоні в порівнянні з порами газобетону є більш мілкі, мають не правильну форму, а значить і меншу міцність на стиск.

Зростання міцності пінобетонів може вирішуватись ефективними традиційними технологічними прийомами - за рахунок використання

комплексних хімічних і активних мінеральних добавок. Якщо природні мінеральні добавки потребують додаткових затрат на їх виробництво, то 12 теплових станцій України щорічно направляють у відвали біля 10 млн. т. золошлакових відходів і питома вага їх використання в технології будівельних матеріалів в 5-8 раз менше ніж в зарубіжних країнах.

Структура та склад золи-винос залежить від цілого комплексу одночасно діючих факторів: морфологічних властивостей спалювання палива, тонкості помелу в процесі його підготовки, зольності палива, хімічного складу мінеральної частини палива; температури в зоні горіння; часу перебування частин в зоні горіння та ін.

Характерною особливістю золи від спалювання вугілля в пилевидному стані є гладка сплавлена скловидна поверхня та приблизно правильна сферична форма частинок. Саме, через таку форму частинок зола підвищує пластичність суміші і використовується в технології цементних бетонів. Густина золи - виносу від спалювання різних видів палива коливається в межах від 1800 до 2400 кг/м³, середня густина частинок в різних пробах коливається – від 2140 до 2200 кг/м³; середня пористість золи складає 4,8-7,4 %; насипна густина від 600 до 1100 кг/м³. Основним компонентом золи–виносу є скловидна алюмосилікатна фаза, яка вміщує 40÷65 % всієї маси, її частинки мають кулеподібну форму з розмірами до 100 мкм.

В основу проведених нами досліджень покладено гіпотезу щодо доцільності хімічної активації золи–виносу шляхом руйнування скловидної оболонки золи-винос кислотами, що містяться в складі водного розчину відходів, наприклад відмиванням фосфогіпсу. В залежності від хімічного складу золи–винос її можна розглядати, як аналог доменного шлаку, частки якого покриті склоподібною плівкою. Цементні розчини з добавкою 30% золи, розмеленої до питомої поверхні 10500 см²/г у віці 28 діб мали міцність приблизно рівну відповідним показникам розчину з аналогічною добавкою цементу. Продукти взаємодії золи і кислот: (Al₂(SO₄), FeSO₄, (Ca, Mg)SO₄, Fe₂(SO₄)₃, (K₂, Na₂)SO₄ і інші) є інтенсифікаторами гідратації мінерального в'язучого. Руйнування

скловидної оболонки золи-винос забезпечує більшу її реакційну спроможність [5].

При всіх інших рівних умовах попередня обробка золи-винос розчином сірчаної кислоти забезпечує приріст міцності золоцементних зразків. Зразки з добавкою 15% золи-винос обробленої 1% розчином кислоти мали міцність на 10% більше ніж контрольні. При збільшенні концентрації розчину кислоти до 5% - міцність на стиск і згин збільшувалась відповідно на 20 і 30%.

Дослідження проводилося з дозуванням золи-виносу 30 % від маси в'язучого (табл.). При цьому золу попередньо обробляли кислотними розчинами, отриманими шляхом вимивання фосфогіпсу і різних концентрацій фосфорної і сірчаної кислоти. Для контрольного зразка використовували золу, оброблену чистою водою. Розчин готували при співвідношенні в'язуче : пісок - 1:3 і В/Т=0,31. Перемішування суміші проводилося у лабораторному змішувачі, після чого готувалися зразки балочки 4×4×16 см. Пропарювали зразки по режиму 2+8+2 год. Після пропарки зразки витримували на протязі однієї доби, після чого проводились випробування [6, 7].

Таблиця

Склад і фізико-механічні властивості зразків

Склад розчинів	ρ , кг/м ³	$R_{зг}$, МПа	$R_{ст}$, МПа
Ц:П=1:3	2030	4,6	15,2
(0,7×Ц+0,3×ЗВ):П=1:3 (контрольний)	2050	3,4	14,3
(0,7×Ц+0,3×ЗВ):П=1:3 ЗВ– активована водними розчинами кислот без добавки	1980	5,0	15,2
(0,7×Ц+0,3×ЗВ):П=1:3 ЗВ– активована водними розчинами кислот з добавки “С-3”-0,5%	2010	4,2	14,9
(0,7×Ц+0,3×ЗВ):П=1:3 ЗВ– активована водними розчинами кислот з добавкою “Релаксол”-0,5%	1990	4,3	14,4

ПРИМІТКА: Ц – ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ; П – ПІСОК; ЗВ – ЗОЛА-ВИНЕСЕННЯ; $R_{зг}$ – МІЦНІСТЬ ПРИ ЗГІНІ; $R_{ст}$ – МІЦНІСТЬ ПРИ СТИСКУ.

Дані мікроскопічних досліджень свідчать про те, що обробка золи–виносу розчином сірчаною кислотою приводить до «роз’їдання» – корозії поверхні кульок скла, збільшуючи їхню питому поверхню, а отже, і реакційну здатність, що приводить до збільшення продуктів гідратації (гідросилікатів кальцію) і покращення фізико-механічних (експлуатаційних) характеристик золоцементних композицій у порівнянні з аналогічними композиціями, у яких зола не активована.

Диференційно-термічні аналізи (ДТА цементного каменю з різною кількістю золи, звичайної та обробленої розчином H_2SO_4 (3% мас.), а також контрольного зразка без добавки золи–виносу (рис. 1) показують, що на кривих ДТА зафіксовані наступні термічні ефекти: роздвоєний ендотермічний ефект в інтервалі температур $100\div 120$ °С з максимумами при $105\div 150$ і 180 °С, який вказує на видалення адсорбційної води з гідратних новоутворів. Різкий ендоефект із максимумом при $500\div 519$ °С зв’язаний з дегідратацією гідроксиду кальцію – $Ca(OH)_2$. Розмитий екзотермічний ефект при $880 - 905$ °С свідчить про наявність низкоосновних гідросилікатів кальцію, швидше всього гідросилікатного гелю.

У зразка з активованою золою, на кривій ДТА, більш глибокий ендоефект, ніж у зразка з неактивованою золою–виносу, що підтверджує наявність значно більшої кількості гідратних новоутворень, що втрачають воду при 150 і 180 °С.

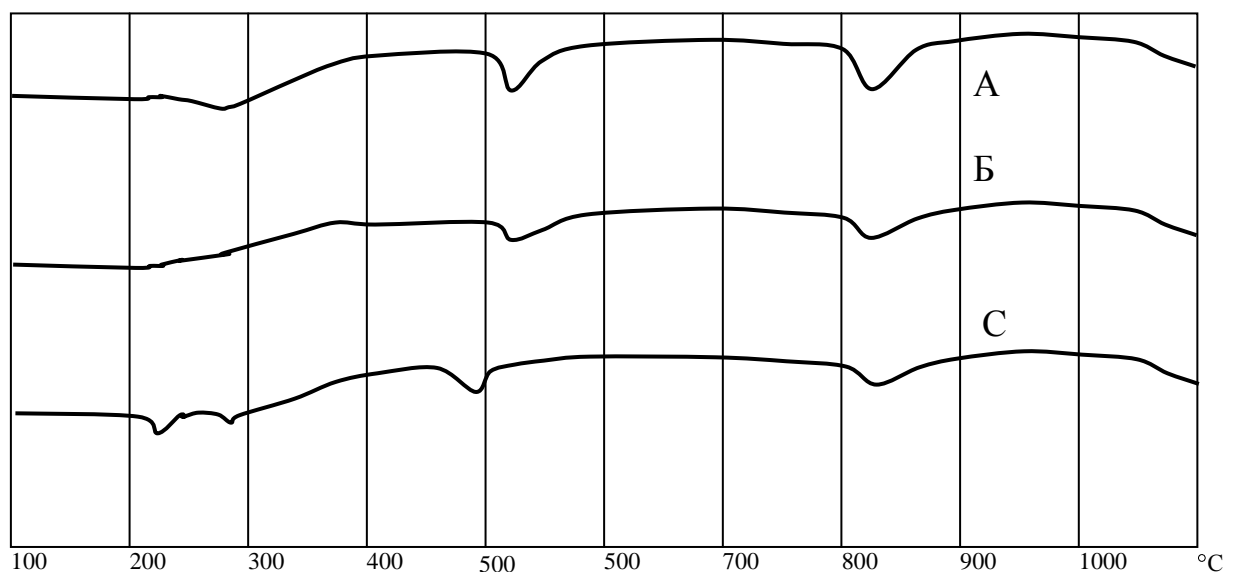


Рис. 1. Диференційно-термічний аналіз зразків золоцементних композицій: А – гідратаційний цемент; Б– цемент із добавкою 40 % неактивованої золи-виносу; С – цемент із добавкою 40 % хімічно активованої золи-виносу.

Рентгенофазові дослідження цементних і золоцементних зразків (рис.2) вказують на наявність у їх складі негідратованих клінкерних мінералів C_3S -лінії з міжплощинними відстанями, $d/n = 3,02; 2,77; 2,75; 2,18; 1,76; 1,45$ А м і C_2S -лінії з $d/n = 2,77; 2,18; 1,97; 1,76; 1,45$ А ; $Ca(OH)_2$ -лінії з $d/n = 4,90; 3,10; 2,62; 1,92$ А ; $CaCO_3$ -лінії з $d/n = 1,82$ А ; кварцу-лінії з $d/n = 3,34$ А . Крім того, відзначаються лінії, характерні для гідратних новоутворень – низькоосновних гідросилікатів кальцію (CSH) – $d/n = 3,08$ Å.

В золоцементних зразках з добавкою активованої золи (40 % мас.) з'являються комплексні алюміній-, залізо- гідросульфовміщуючі з'єднання кальцію, для яких характерні лінії з $d/n = 2,45; 3,07; 4,22; 7,62$ А . Наявність таких новоутворень у складі золоцементних зразків можна пояснити тим, що під час хімічної активації золи-виносу утворюються сульфати алюмінію і заліза. Приведені рентгенограми, ДТА і хімічні реакції підтверджують наявність таких солей і можливість їхньої участі в процесах гідратаційного тверднення цементу.

Використання золи-виносу в складі цементно-зольної розчинної маси при виготовленні пінобетонів забезпечує декілька технологічних переваг.

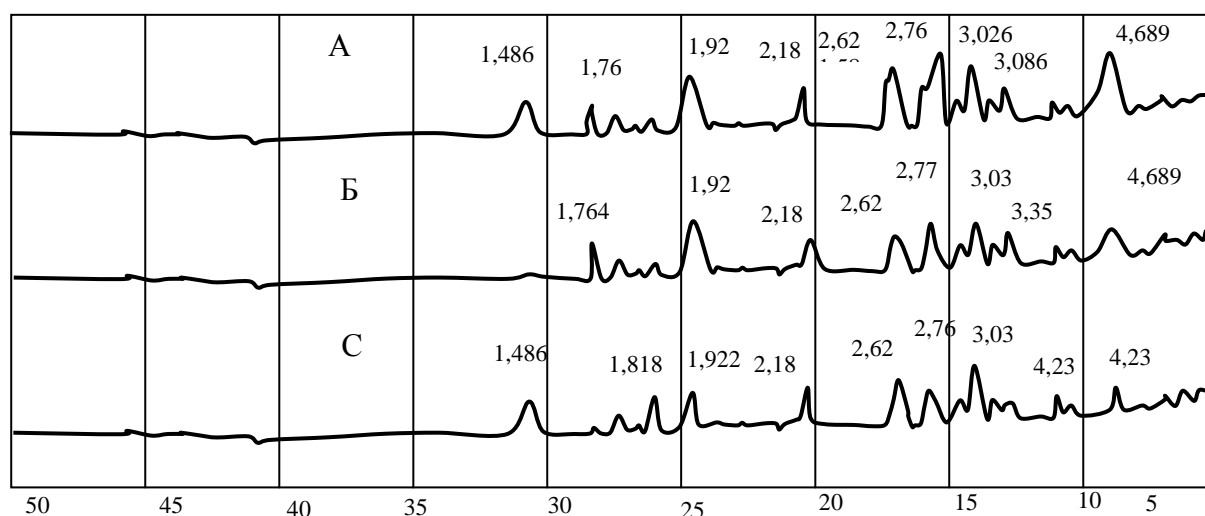


Рис. 2. Рентгенограми зразків цементних композицій: А – цементний зразок;

Б – цементний зразок з добавкою 40 % неактивованої золи–винесення; С – цементний зразок з добавкою 40 % хімічно активованої золи–винесення.

Таким чином, хімічно активована зола-винос є поліфункціональним компонентом в складі пінобетонної суміші – з однієї сторони вона може виконувати функцію активної мінеральної добавки, з іншої – наповнювача. За рахунок хімічної активації зольної складової суміші зростає міцність силікатної матриці пінобетону, має місце економія в'язучого.

Нами були виготовлені пінобетонні цементно-зольні зразки по роздільні технології (розчин + піна). Використовувалась зола-винос Ладижинської ТЕС активована (3,6 % водною кислотною витяжкою із фосфогіпса) і не активована, портландський цемент Кам'янець - Подільського цементного заводу М 400, піноутворювачем служила алкілсульфатна добавка – 0,2% от маси цементу. Зразки пропарювались в пропарочні камері при 85 °С. Результати порівняльних випробувань свідчать, що наявність активованої золи-винос забезпечує приріст міцності зразків на стиск при співрозмірні щільності на 27%

Таким чином покращення коефіцієнта конструктивної якості пінобетону можливе за рахунок використання активованої золи-винос. Оптимізація витрат піноутворювача, та раціональний його вибір в певній мірі сприятимуть зростанню міцності пінобетонів. Хімічно активована зола-винос являється поліфункціональним компонентом в складі пінобетонів.

Література

1. Рунова Р.Ф., Шейніч Л.О., Гелевера О.Г., Гоц В.І. Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів. Підручник.- К.; КНУБА, 2002. С. 78.
2. Крилов Є.О. Рекомендації по перепрофілюванню потужностей індустріального домобудування // Матеріали Четвертої Міжнародної виставки-конференції "Реконструкція житла (RG / Київ 2002) Київ, 4-7 червня 2002 р. – С.59-64"
3. Гаравин В.Ю. Пенообразователь ПБ-2000 для приготовления пенобетонной смеси раздельным способом // Строительные материалы и изделия. -2003. -С.27-29.
4. Марыненко В.А. Основные требования к свойствам пенообразователей для производства пенобетона раздельным способом // Строительные материалы и изделия. –2001. -№3. -С.32-34.

5. Сердюк В.Р., Борецький О.Й., Амер Номан. Хімічна активація золи-винос для цементно-зольних композицій. //Вісник ВПІ, №1. 1997р.-С.19-22.
6. Боднар П.С. Оптимізація рецептурних факторів для золоцементного в'язучого Материалы к 41-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов «рациональный эксперимент в материаловедении». Одесса, 2002. – С. 55с.
7. Боднар П.С., Несен Л.М. “Оптимізація макроструктури газобетону, отриманого на основі відходів промисловості” // Вісник ВПІ. – №1, 2001. С-5-7.