

ЕФЕКТИВНІ ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ

В. Р. Сердюк, О. В. Христюк

EFFECTIVE FILLER FOR POROUS CONCRETE

V. Serduk, O. Khrystych

Розглянуто перспективи виробництва ніздрюватих бетонів і використання стінових виробів пористої структури для зведення будівель і споруд. Обґрунтовано актуальність запровадження ресурсозберігаючих технологій на підприємствах промисловості будівельних матеріалів та виробів. Сформульовано наукову гіпотезу використання комплексного методу механо-хімічної активації золи-виносу для отримання ефективного заповнювача, що забезпечить економію витрат портландцементу і дозволить при цьому отримати приріст міцності до 15 %. Передбачається, що розроблена технологія переробки техногенних відходів буде використовуватись для виробництва стінових виробів з ніздрюватого бетону. Модифікований заповнювач (ЗВ) завдяки руйнації поверхонь його частинок сприятиме зменшенню просадкових деформацій сформованого масиву і забезпечить зростання величини коефіцієнта конструктивної якості будівельних виробів з поризованою структурою.

Рассмотрены перспективы производства ячеистых бетонов и использования стеновых изделий пористой структуры для возведения зданий и сооружений. Обосновано актуальность внедрения ресурсосберегающих технологий на предприятиях отрасли строительных материалов и изделий. Сформулирована научная гипотеза использования комплексного метода механохимической активации золы-уноса для получения эффективного заполнителя, что в свою очередь обеспечит экономию цемента и разрешит увеличить прочность на 15 %. Предусматривается, что разработанная технология переработки техногенных отходов в дальнейшем будет использоваться для производства стеновых изделий с ячеистых бетонов. Модифицированный заполнитель (ЗВ) благодаря разрушению поверхности его частиц будет благоприятствовать уменьшению осадочных деформаций сформированного массива и обеспечит увеличение коэффициента конструктивного качества строительных изделий с пористой структурой.

The prospects of production of cellular concrete and use walling products of porous structure for the construction of buildings are considered in article. Actuality introduction of resource-saving technologies in industrial enterprises of building materials and products is proved. Scientific hypothesis formulated using a complex method of mechano-chemical activation of fly ash removal for efficient filler that will provide cost savings of Portland will still get gains strength by 15 %. It is assumed that the developed technology of man-made waste will be used for production of walling products made of cellular concrete. The modified filler (MF) through the destruction of its particle surfaces will reduce precipitation array and it will increase the coefficient of structural quality construction products with porous structure.

Вступ

Підприємства виробничої бази будівництва в умовах енергетичної кризи на Україні, коли питома вага ресурсів становить більше половини собівартості продукції потребують впровадження нових технологій з використанням дешевих сировинних матеріалів. Наряду з проблемами енергоощадності виробничих галузей дотепер також актуальними є завдання по захисту навколишнього середовища і збереження національних багатств (природні ресурси) вирішення яких полягає у широкому використанні техногенних продуктів промислових підприємств для виготовлення будівельних матеріалів. Разом з тим сучасне будівництво потребує збільшення обсягів використання ефективних конструкційно-теплоізоляційних матеріалів. Відомо, що Україна серед країн Європи постає в переліку останніх місць за обсягами використання в

будівництві ніздрюватих будівельних матеріалів і виробів на їх основі. Так в Німеччині річний обсяг виробництва стінових виробів ніздрюватої структури становить більше 300 м³ на одну тисячу населення, у Швеції – більше 250 м³, у Білорусі – 120÷130 м³. В Україні ці показники ледве сягають значення 5÷7 м³. Також у зв'язку із збільшенням з 1 січня 2013 року вимог термічного опору до захисних конструкцій з 2,8 до 3,2 м³/Вт додатково зросла актуальність виробництва та використання в будівництві стінових виробів поризованої структури. Отже, майбутні перспективи розвитку підприємств промисловості будівельних матеріалів полягають у розробці ресурсоефективних технологій з виробництва ніздрюватих бетонів і нарощуванні обсягів виготовлення дрібноштучних стінових виробів на їх основі [1].

Постановка задач досліджень і шляхи їх вирішення

Комплексне вирішення актуальних проблем з виробництва енергоефективних будівельних матеріалів передбачає постановку перед науковцями таких головних задач: – проведення аналізу технологій виготовлення конструкційно-теплоізоляційних матеріалів;

– дослідження сировинної бази компонентів для виготовлення сировинних сумішей матеріалів ніздрюватої структури (зола-винос, дисперсні металеві шлами, фосфогіпси, кислі стоки хімічних виробництв);

– аналіз існуючих різновидів техногенних продуктів промислових виробництв і технологій їх використання в будівельному виробництві;

– проведення експериментальних досліджень і розробка нових технологій виготовлення ніздрюватих бетонів з використанням ефективних заповнювачів. До переліку завдань також слід віднести пошук і розробку шляхів вирішення питань екологічної безпеки окремих регіонів Вінницької області, які виникли через забруднення її значних територій багатотоннажними відходами теплоенергетики – золами-виносу (ЗВ) ТЕС та відходами хімічної промисловості.

Під час виготовлення конструкційно-теплоізоляційних стінових матеріалів виробниками використовуються два найбільш поширені різновиди пороуворювачів структури формувальних масивів в результаті чого виробники отримують пінобетон або газобетон. Серед них найбільш стабільними параметрами структури характеризуються газобетони. Виробництво газобетону в залежності від режимів формування масивів може здійснюватись за двома технологіями: під впливом тиску і температури – автоклавна і безавтоклавна технологія – тверднення масиву у звичайних умовах. Безавтоклавна технологія дозволяє отримувати стінові вироби класу В 2,5 з середньою щільністю 650÷720 кг/м³. Разом з тим дана технологія не потребує значних капіталовкладень на організацію виробництва стінових матеріалів і є досить економічно привабливою за термінами окупності капіталовкладень і показниками рентабельності.

Основними компонентами при виробництві конструкційно-теплоізоляційних стінових матеріалів з газобетону за безавтоклавною технологією є мінеральне в'язуче – портландцемент марок 400 або 500; заповнювач – мелений кварцовий пісок; добавка-пороутворювач – алюмінієва пудра або паста та хімічні добавки-прискорювачі тверднення і стабілізуючі добавки. Для приготування формувальних розчинів використовують розчинозмішувач примусової дії і попередньо підігріту (45÷55 °С) воду замішування. Собівартість виготовлення 1 м³ виробів з такого матеріалу в середньому складає 280-360 грн. в залежності від витрат на транспортування сировини. З них біля 40 % це вартість в'язучого, 20-25 % – заповнювач, який потрібно додатково домелювати і решта – вартість добавок, електроенергії і заробітна плата робітників.

Завдання розробки нового різновиду ресурсозберігаючих технологій виготовлення безавтоклавного газобетону може вирішуватись шляхом використання попередньо активованих заповнювачів техногенного походження (золи-виносу) і скороченням при цьому витрат мінерального в'язучого. Відомо, що природні мінеральні заповнювачі і добавки потребують додаткових затрат на їх виробництво і транспортування, разом з тим 12 діючих на Україні теплових електростанцій в середньому щорічно направляють у відвали біля 10 млн. т золошлакових відходів. Їх повторне використання при виробництві конструкційно-теплоізоляційних стінових матеріалів вирішуватиме як економічні, так і екологічні проблеми держави.

Однією з фізичних характеристик золи-виносу є гладка сплавлена скловидна поверхня та приблизно правильна сферична форма її частинок. Завдяки цьому і високій питомій поверхні золи-виносу її використовують для підвищення пластичності будівельних сумішей і для скорочення

витрат мінерального в'язучого (до 30 % мас). Мінералогічний склад такого заповнювача і його хімічні характеристики залежать від технології спалювання вугілля, тонкості помелу палива і його хіміко-мінералогічного складу. В результаті проведених попередніх досліджень встановлено, що для покращення фізико-хімічних і фізико-механічних характеристик зразків поризованих бетонів найбільш доцільно використовувати золу-виносу Ладжинської ТЕС. Вона за хімічним складом відноситься до основних зол, що позитивно впливатиме на процеси структуроутворення міжпустотних перегородок ніздрюватих структур газобетону (табл. 1).

Таблиця 1

Хімічний склад золи-виносу Ладжинської ТЕС

Хімічний склад	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	п.п.
Вміст %	52,1	23,1	15,6	3,16	1,08	0,4	1,2	0,57	0,7

В роботах [2-4] авторами було показано результати дослідження впливу механічної і хімічної активації зерен золи-виносу на фізико-механічні характеристики зразків будівельних розчинів. Попереднє домелювання ЗВ в кульовому млині призводить до деякої руйнації скловидних поверхонь зерен, що призводить до збільшення водопотреб суміші, зниження пластичності, але сприяє підвищенню міцності при стиску і розтягу. Активація зерен заповнювача 0,5÷10 % розчинами сірчаної і ортофосфорної кислот в процесі витримування і одночасного перемішування в бункері протягом 3 діб також позитивно впливає на фізико-механічні властивості зразків. Порівняно з механічною активацією механічні характеристики підвищуються на 7 %, рухливість зменшується на 4 %, водопотреби суміші підвищуються на 3,5 %. Авторами відмічалось, що і перший і другий способи підготовки заповнювача мають свої переваги і недоліки. Так домелювання потребує витрат енергоресурсів і додаткових технологічних операцій порівняно з використанням звичайної ЗВ, хоча при цьому відмічено покращення властивостей кінцевої продукції. Хімічна активація більш виразно впливає на властивості дослідних зразків (приріст міцності 28÷36 %, скорочення витрат в'язучого на 25÷35 %) порівняно із неактивованою ЗВ, але залишки кислот на поверхні частинок ЗВ негативно впливають на міцність і структуроутворення матеріалу.

Складними фізико-хімічними процесами при структуроутворенні поризованих цементних систем є їх гідратація, набір пластичної міцності, тепловиділення і зміна показника рН. Найбільш інтенсивні процеси структуроутворення стінок міжпорових перегородок масиву газобетону проходять в перші 20-60 хв., що супроводжується значною зміною реологічних характеристик матеріалу в цей період. При цьому зміна реологічних властивостей матеріалу міжпорової перегородки впливає на процес пороутворення і кінцеві фізико-механічні властивості матеріалу. Додавання до складу формувальних сумішей фосфогіпсу викликає значні зміни реологічних властивостей в порівнянні із звичайним газобетоном неавтоклавної твердіння. Кислі залишки, що знаходяться у складі фосфогіпсу, негативно впливають на процеси газовиділення в лужному середовищі і уповільнюють тужавіння масиву, тому фосфогіпс потрібно попередньо нейтралізувати. Для зменшення шкідливого впливу на процеси структуроутворення кислих залишків фосфогіпсів запропоновано використання природної мінеральної добавки – відходи каменерізання карбонатних порід.

В процесі виконання науково-дослідної роботи авторами запропоновано використання як ефективний заповнювач для виготовлення стінових виробів з безавтоклавної газобетону активованої ЗВ замість розмеленого кварцового піску. Технологія активації передбачає витримування ЗВ у водному розчині кислих залишків (відходи промивання фосфогіпсів) протягом 48 годин і натупне періодичне домелювання мас в кульовому млині. На останньому етапі механоактивації в бункер млина додавали 10 – 15 % мас мінеральних добавок.

Дослідження впливу процесів комплексної механо-хімічної активації золи-виносу на реологічні параметри формувальних розчинів підтвердили гіпотетичні міркування стосовно можливості отримання нового ефективного заповнювача. Експериментально встановлено, що рухливість розчинів з використанням звичайної золи-виносу складає в середньому 20-24 см за

Суттардом. Витримування ЗВ у водному розчині кислотних залишків різної концентрації призводить до руйнування склоподібної поверхні частинок заповнювача, що в свою чергу впливає на реологічні параметри суміші і її водопотреби (рис. 1).

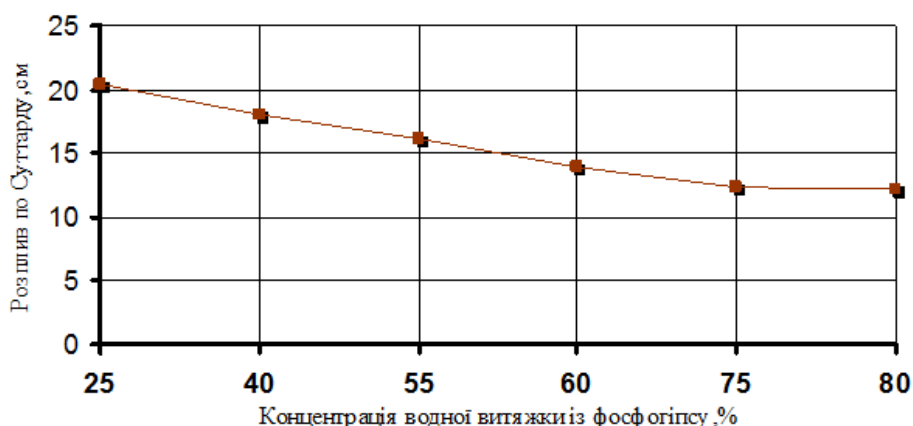


Рис. 1. Вплив хімічної активації золи-виносу на рухливість формувального розчину

Застосування комплексного методу хімічної і механічної активації золи-виносу деякою мірою негативно впливає на рухливість будівельних розчинів, але призводить до приросту механічної міцності структури зразків (рис. 2). Так, в міру збільшення впливу процесів активації заповнювача (концентрація кислотних залишків водного розчину 12,5 % і періодичне механічне розмелювання суміші) на графіках спостерігається зменшення величини рухливості розчину і навпаки приріст міцності при стиску. Очевидно, що механо-хімічна активація приводить до руйнування скловидних поверхонь частинок ЗВ, зростання водопотреб суміші і збільшення ступеня гідратації мінеральних складових заповнювача. Крім того, зменшення рухливості формувальних розчинів позитивно відобразиться на процесах стабілізації формувальних мас при виготовленні стінових виробів поризованої структури.

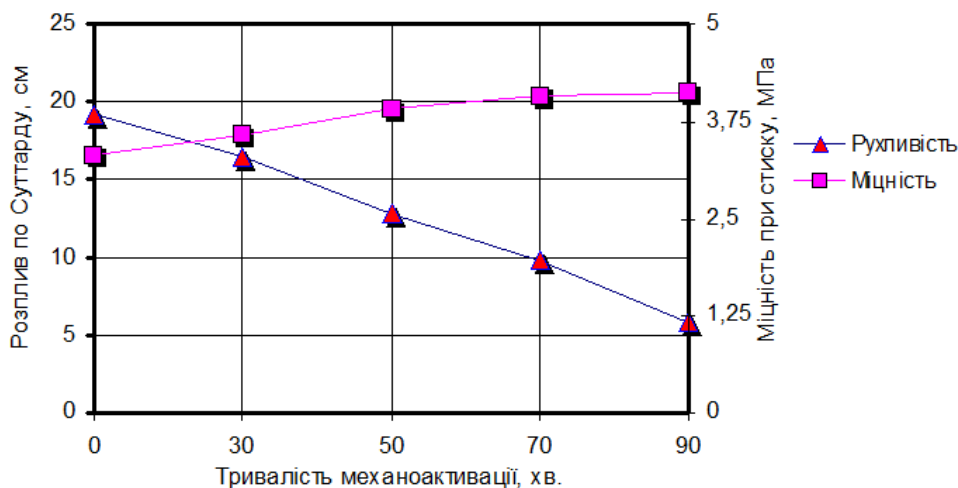


Рис. 2. Вплив тривалості комплексної активації заповнювачів на реологічні властивості розчину і міцність при стиску зразків

Подані результати експериментальних досліджень відображають позитивний вплив механо-хімічної активації ЗВ в технологічному процесі отримання реакційно-здатного заповнювача для виготовлення будівельних розчинів. В процесі активації золи-виносу, вона набуває поліфункціональні властивості – з одного боку вона може виконувати функцію активної мінеральної добавки, з іншого – ефективного заповнювача, здатного вступати в хімічну взаємодію з мінеральним в'язучим. За рахунок хімічної активації зольної складової суміші зростатиме міцність силікатної матриці ніздрюватих бетонів, при цьому також скорочуються витрати

портландцементу. Руйнування скловидної оболонки частинок заповнювача позитивно впливатиме на стабілізацію свіжовідформованого поризованого масиву і перешкоджатиме седиментаційним процесам в товщині тверднучого виробу.

Так для порівняння, під час використання меленого кварцового піску авторами [4] отримано конструкційно-теплоізоляційні дрібнорозмірні стінові блоки з міцністю при стиску 3,2 МПа.

Висновки

- В результаті проведених комплексних досліджень нами підтверджено гіпотезу щодо доцільності механо-хімічної активації золи-виносу водними розчинами кислот, які отримані в результаті відмивання фосфогіпсів. Зола-виносу після попередньої обробки є ефективним заповнювачем у складі газобетону безавтоклавного тверднення, що пояснюється приростом міцності і зниженням рухливості (осідання) сформованого масиву в процесі структуроутворення.
- Стабілізація процесів структуроутворення масиву ніздрюватого бетону досягається також нейтралізацією кислих залишків природною добавкою і зменшенням седиментаційних деформацій і усадок завдяки зниженню рухливості формувального розчину. Комплексний механізм отримання такого заповнювача вирішує також досить важливі екологічні проблеми – утилізацію кислих стоків і переробку відвальних відходів.
- Використання запропонованого ефективного заповнювача в технології виробництва конструкційно-теплоізоляційних будівельних матеріалів дозволить паралельно з виробничими завданнями вирішити також важливі екологічні проблеми, пов'язані із зберіганням і переробкою шкідливих техногенних відходів.

Використана література

1. Газобетон. Властивості, технології, обладнання. Сучасні методи використання. Режим доступу: <http://gazobeton.hmarka.net/>.
2. Сердюк В. Р. Хімічна активація золи-виносу для цементно-зольних композицій / В. Р. Сердюк, О. Й. Борецкий, Амер Номан // Вісник ВПІ. – 1997. – № 1. – С. 23-29.
3. Сердюк В. Р. Пріоритетні напрямки утилізації фосфогіпсових відходів / В. Р. Сердюк, О. Й. Борецкий, Амер Номан // Вісник ВПІ. – 1998. – № 2. – С. 37-41.
4. Боднар П. С. Оптимізація рецептурних факторів для золоцементного в'язучого. Матеріали к 41-му міжнародному семінару по моделюванню и оптимизации композитов «рациональный эксперимент в материаловедении» / П. С. Боднар. – Одесса, 2002. – С. 55.
5. Авторське свідоцтво СРСР № 481564 кл. С 04 В 13/22, 1972.

Сердюк Василь Романович – д.т.н., професор, завідувач кафедри менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету.

Христич Олександр Володимирович – к.т.н., доцент кафедри менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету.