

УДК 691.3:666:712.1.002

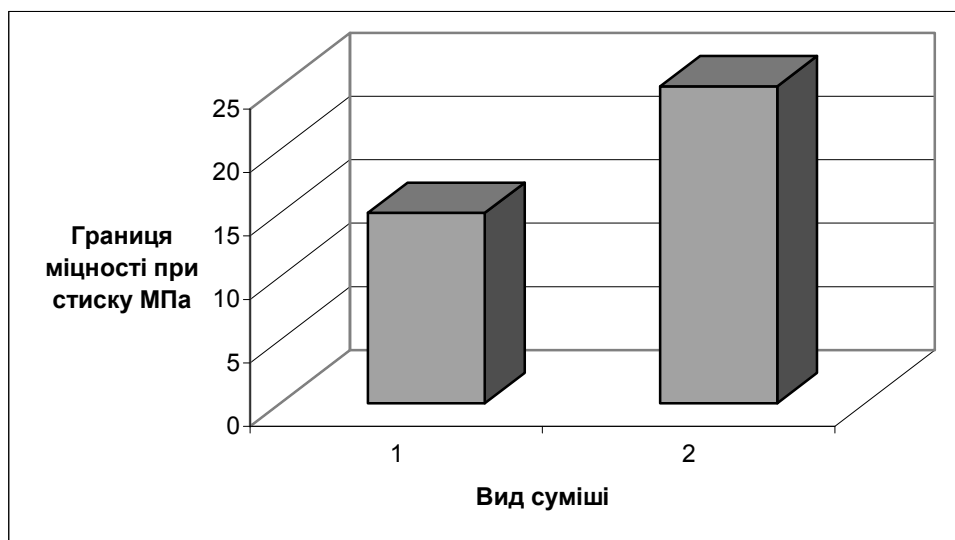
НОВЕ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЦЕМЕНТНО-КАРБОНАТНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

В.П. Очеретний, В.П. Ковальський, М.П. Машницький

Важливим напрямком ресурсозбереження в будівництві є широке використання вторинних матеріальних ресурсів, залишків сировини промислових відходів, що втратили споживчі властивості, і т.п. матеріалів, для виробництва будівельних виробів. Їх застосування дозволяє зменшити потребу в природній сировині на 10-30%, знизити затрати на виготовлення будівельних виробів, економити капітальні вкладення на 30-50% в порівнянні з виробництвом з природної сировини. Використання карбонатних відходів вапняку зумовлено рядом об'єктивних факторів, головним з яких є досить широке розповсюдження природного вапняку, великі запаси некондиційних вапнякових відходів у відвалах, високі технічні та еколого-економічні показники властивостей матеріалів та виробів з них.

Відома технологія отримання з відходів цементно-карбонатного каменя [1] не дозволяє отримати камінь з міцністю при стиску ≥ 15 МПа та морозостійкістю більше 25 циклів, навіть при збільшенні витрат цементу до 10%. Тому в Лабораторії будівельних матеріалів та виробів ВНТУ проводилась робота з удосконалення технології виробництва з метою отримання композиційного цементно-карбонатного каменя та інших виробів, що не поступається за своїми показниками силікатній цеглі та силікатним будівельним виробам. В своїй роботі ми вибрали напрямок з широкого використання крім відходів вапняку інших промислових відходів, золи-виносу Ладижинської ТЕС, бокситового (червоного) шламу Миколаївського глиноземного заводу та простих хімічних добавок, які поліпшують споживчі властивості та якість композиційного цементно-карбонатного каменя та виробів.

Суміш, яка складалася з карбонатного піску (КП) фракція 0-5 мм, золи-виношення (ЗУ) ТЕС та портландцементу (ПЦ) М 400, була поділена на дві частини. Першу частину після зволоження та змішування пресували під тиском 15 МПа, а другу частину подрібнювали в бігунах, просіювали через сито 1,25 мм, зволожували та пресували при тому ж тиску. При однакових умовах твердіння зразки після механічної активації в бігунах показали міцність в 1,5 раза більше ніж неактивовані зразки (рис. 1).



1 – не активована суміш; 2- механо-активована суміш.

Рис. 1. Вплив механічної активації на міцність суміші

Активация полідисперсної системи, що складається з КП, ЗУ і ПЦ, збільшує поверхневу

енергію частинок суміші, відбувається адсорбція більш м'яких частинок ЗУ і ПЦ на поверхні більш крупних частинок КП. Це призводить до збільшення поверхні контакту частинок при пресуванні, хемосорбції при гідролізі ПЦ синтезу та структуроутворення полі мінеральних прошарків в'язучих речовин між частинками карбонатного заповнювача.

Для зменшення пористості, підвищення морозостійкості та довговічності у склад цементно-карбонатного бетону ввели крім золи-винесення бокситовий (червоний) шлам (КШ) – відхід виробництва Миколаївського глиноземного заводу. Його висока дисперсність [2], більше 90% частинок мають радіус менше 10 мкм, наявність лугів ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 2-4\%$) дозволяє застосовувати його як лужний мікро наповнювач, який змінює мікроструктуру цементного каменю та мезоструктуру контактних зон структуроутворення. Високий вміст окислів заліза, наявність гідроокисів алюмінію та заліза в складі червоного шламу, гідроалюмосилікатів типу гідроніфеліну та натроліту змінює структуру та кількість новоутворень в контактній зоні та полі мінеральних прошарках в'язучих речовин в карбонатному пресбетоні. Окисли заліза, гідратуючись в лужному середовищі, що утворюється при гідролізі складових цементу, створюють гелеобразні агрегати в комірках яких міститься рідина, такий гідрогель гідроокису заліза здатний кольматувати пори цементного каменю, підвищуючи його непроникність, гідрокисли беруть участь в синтезі та структуроутворенні полі мінеральних в'язучих речовин. Червоний шлам крім того покращує споживчі властивості виробів, надаючи їм червонувато-коричневий колір в порівнянні з брудно-сірим кольором виробів без нього.

Синтез в'язучих речовин, особливо в дисперсному середовищі, найефективніше проходить при використанні не одного, а сукупності декількох раціонально підібраних в'язучих речовин, наприклад цементу та лугів [3]. При цьому одні речовини грають головну роль – безпосередньо беруть участь у кількісній оптимізації складу продуктів синтезу та структуроутворення. Інші грають допоміжну роль, тобто наприклад, регулюють кінетику рідинно фазних реакцій шляхом зміни концентрації взаємодіючих компонентів в рідкій розчинній фазі чи співвідношення твердої колоїдної та рідкої фази в системі заповнювач – наповнювачі – в'язучі – вода.

З цією метою в склад суміші вводили декілька відсотків натрійвміщуючих хімічних домішок камінної повареної солі NaCl . Поварена сіль NaCl вступає в обмінну реакцію з $\text{Ca}(\text{OH})_2$, що утворюється при гідролізі складових цементу ($2\text{NaCl} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{CaCl}_2$) з виходом в розчин лугу та хлористого кальцію. Хлористий кальцій пов'язує вільне вапно з утворенням гідрооксихлоридів ($n\text{CaO} \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ – цемент Сореля) та комплексних новоутворень, наприклад, $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot (10-12)\text{H}_2\text{O}$. Збільшення концентрації лугу в розчині знижує розчинність $\text{Ca}(\text{OH})_2$ та сприяє більшому виходу в розчин кремнезему, глинозему з алюмосилікатного скла, золи та шламу та інших полуторних окислів, синтезу та структуроутворенню лужних алюмосилікатних новоутворень типу гідроніфеліну $\text{R}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ натроліту $\text{R}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, анальциму $\text{R}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ та інших цеолітоподібних структур. Наявність в золі-винесення лужних окислів K_2O (2,5-4%) не виключає утворення змішаних натрій-калій-кальцієвих цеолітів складу: $0,1\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,1\text{K}_2\text{O} \cdot 0,4\text{CaO} \cdot 0,25\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,27\text{SiO}_2 \cdot 2,13\text{H}_2\text{O}$ [4]. При цьому цеолітоподібні гідроалюмосилікати, що знаходяться в червоному шламі служать заправками для утворення нових цеолітових сполук.

В природних умовах твердіння утворення цеолітових структур та композицій не відрізняється високою активністю та протікає відносно повільно. Нами встановлено, що цеолітові структури типу анальцима та інші починають утворюватися вже при 50°C . Тому, після 7 – добової витримки зразків та виробів в повітряно-вологих умовах над водою ($W_{\text{возд}} = 98 \pm 2\%$) необхідних для гідролізу складових цементу, його гідратації та тужавіння, ми сушили зразки виробу при температурі до 120°C .

Дослідження процесу сушки зразків та виробів показали, що при прогріванні виробів на протязі ≥ 3 годин з ростом температури всередині виробу вище 70°C припиняється ріст міцності виробу. Тому для сушки виробів доцільно використовувати гази котельних ТЕС які викидаються в атмосферу, та інших теплогенеруючих установок з температурою $90-120^\circ\text{C}$, з тривалістю сушки 3-4 години в залежності від температури відпрацьованих газів. Використання вторинних енергоресурсів для сушки дозволяє економити паливо при випуску продукції, знижує теплове забруднення атмосфери, а CO_2 який міститься в відпрацьованих газах буде карбонізувати вільний CaO , що залишився в поверхневих шарах будівельних виробів.

В лабораторії будівельних матеріалів та виробів ВНТУ досліджений, розрахований та перевірений дослідами оптимальний склад, час активації та вологість $\sim 9\%$ прес-порошку для виготовлення пресованих вапнякових будівельних виробів при мінімальних затратах цементу $6\text{--}8\%$ в залежності від марки та строків зберігання цементу. Встановлений тиск пресування $15\text{--}35$ МПа в залежності від потреб, що пред'являють до виробу (цегла, облицювальна плитка та інші пресовані вироби). Досліджені процеси твердіння та сушки вказаних будівельних виробів, які скорочують площі та час випуску продукції.

Виробництво карбонатних (вапнякових) композиційних будівельних виробів (ККВ) включає наступні технологічні етапи (рис. 2):

1. дозування та сумісне додаткове подрібнення вапнякових відходів, золи-винесення, червоного шламу, портландцементу та кам'яної повареної солі;
2. розсів порошку крізь сито $1,25$ мм з поверненням не просіяного залишку на подрібнення;
3. зволоження просіяного піску до пресованої вологості;
4. пресування будівельних виробів;
5. зберігання в повітряно-вологих умовах до 7 діб;
6. сушіння, охолодження та відвантаження продукції.

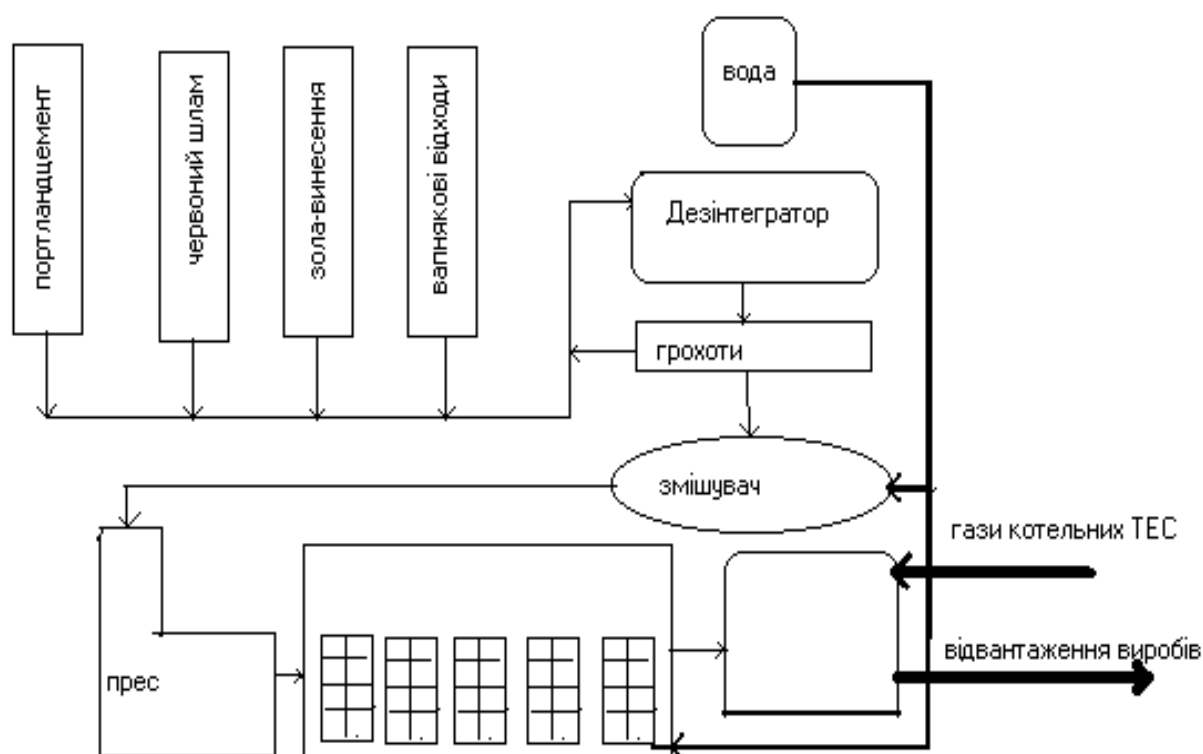


Рис. 2. Виробництво карбонатних композиційних будівельних виробів

Пресування ККВ на основі карбонатних відходів вапняку мають марку за міцністю від М15 до М35 (МПа) коефіцієнт розм'якшення від $0,74$ до $0,9$, морозостійкість $25\text{--}50$ циклів в залежності від тиску пресування. Висока густина $2,1\text{--}2,4$ г/см³ вказує на необхідність пресування цегли з наскрізними пустотами.

Отримані результати підтвердили можливість застосування карбонатного прес-бетону для виготовлення дрібноштучних стінових виробів, М-250; F-25; W-12,5%; ρ_m 2050 кг/м³; $K_{кр}$ 0,91. Зразки цегли, виготовлені в лабораторних умовах, представлені на рис. 3.

Результати досліджень фізико-механічних властивостей суцільної та пустотілої цегли з карбонатного бетону на золоцементному в'язучому, модифікованому лужною алюмоферитною добавкою зведені в табл. 1.

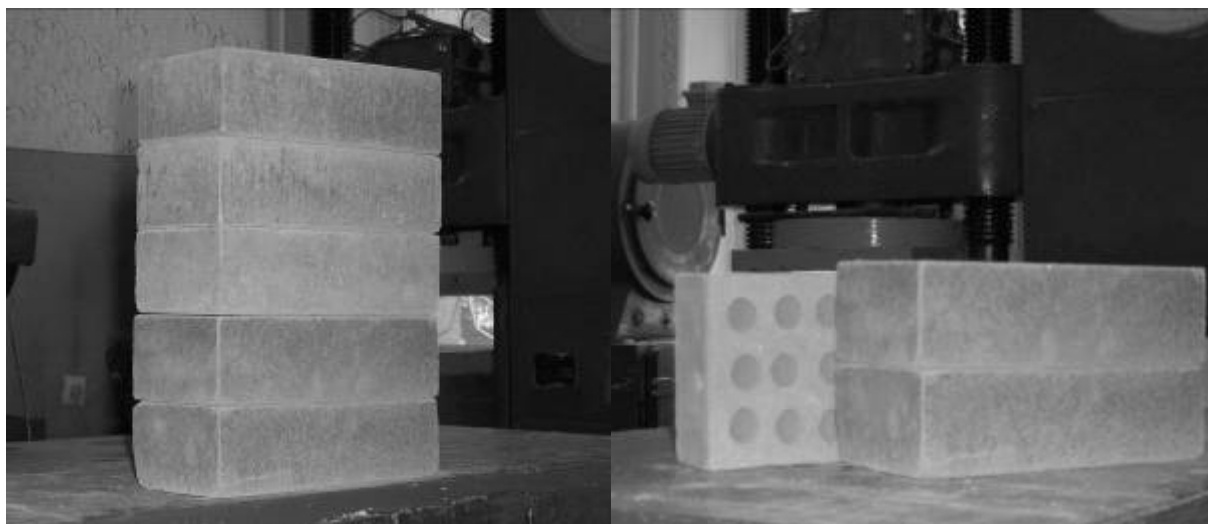


Рис. 3. Карбонатна пориста цегла напівсухого пресування.

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості цегли з карбонатного бетону

Показники	Од. виміру	Суцільна цегла	Пориста цегла
Марка цегли	кгс/см ² (МПа)	250 (25,0)	175 (17,5)
Морозостійкість	–	25	25
Середня густина	кг/м ³	1980	1620
Водопоглинання	%	12,4	14,2
Водостійкість	–	0,91	0,84
Теплопровідність	В/(м·К)	1,03	0,86
Маса цеглини	кг	3,86	3,156

Випробувані зразки суцільної та пористої цегли з карбонатного бетону на золцементному в'язучому, модифікованому лужною алюмоферитною добавкою, відповідають ДСТУ Б В.2.7-7-94.

Список літератури

1. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности / Л.И. Дворкин, И.А. Пашков. – К.: Высшая шк., 1989. – 208 с.
2. Бакланов Т.М. Характеристика красного шлама, как сырья для получения портландцемента / Т.М. Бакланов, Е.А. Лиснякова, Е.А. Сейрачковская. – Киев «Будівельник», 1988. – 125 с. (глава 1 книги «Новые цементы»).
3. Канатко В.М. Укрепление дисперсных грунтов путём синтеза неорганических вяжущих / В.М. Канатко. – Л.: Издательство ленинградского университета, 1989. – 272 с.
4. Барабаш И.В. Механохимическая активация в технологии приготовления бетонных смесей / И.В. Барабаш // Вісник ОДАБА. – Вип. 13. – 2004. – С. 16-23.

Очеретний Володимир Петрович – к.т.н., доцент, декан факультету БМ Вінницького національного технічного університету.

Ковальський Віктор Павлович – к.т.н., асистент кафедри містобудування Вінницького національного технічного університету.

Машницький Микола Петрович – аспірант Вінницького національного технічного університету.