

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧО-ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ КОМБІНАТІВ У ВИРОБНИЦТВІ ВАЖКИХ БЕТОНІВ

Показано можливість ефективного використання відходів гірничо-збагачувальних комбінатів для виробництва важких бетонів.

Показана возможность эффективного использования отходов горно-обогатительных комбинатов для производства тяжелых бетонов.

The possibility of the effective waste management of ore mining and dressing groups for the production of the heavy-aggregate concrete is shown.

В процесі експлуатації гірничо-збагачувальних комбінатів відходи виробництва – вскришні породи та хвости збагачування не можуть бути повністю утилізовані оскільки мають великий об'єм виходу. Відходи, які не використовуються у повному обсязі, крім заморожування вкладених у них коштів, займають великі земельні площі та оказують негативний вплив на навколишнє середовище. Виходячи з цього ефективність відкритої розробки крутозалегаючих залізородних родовищ може бути досягнута тільки при умови максимального зниження рівня виймання порід вскриші та використання їх різновидів для виробництва попутної товарної продукції.

Випуск додаткової продукції з порід вскриші дає змогу покращити техніко-економічні показники гірничо-збагачувальних комбінатів [1]. В загальному випадку їх прибуток складає:

$$П = P_T \cdot Ц_T + P_K \cdot Ц_K - C \quad (1)$$

де  $P_T$  і  $P_K$  – об'єм основної і попутної продукції, т;  $Ц_T$  і  $Ц_K$  – відпускна ціна основної і попутної продукції, грн/т;  $C$  – собівартість гірничого виробництва, грн.

Використання відходів гірничого виробництва дозволяє знизити матеріалоемність, трудомісткість і вартість будівельних конструкцій.

З ціллю скорочення відводу земельних площ під будівництво відвалів і хвостосховищ, а також комплексного використання відходів гірничого виробництва в народному господарстві пропонується використовувати хвости збагачення та породи вскриші у якості будівельних матеріалів: граніти, гнейси, мігматити, амфіболіти, ультраосновні породи, малорудні кварци-

ти – як бутовий камінь і щебенева сировину; хлорито-серицитові сланці – у якості керамзитової сировини для виробництва заповнювачів легких бетонів; талькові сланці – як сировину для виготовлення ситалів; глини, суглинки, піски – у якості сировини для виготовлення цегли, заповнювачів бетонів, дорожнього будівництва.

Напрямок по комплексному використанню сировини, що попутно добувається, ілюструє приклад Полтавського ГЗКу. На ньому при розробці залізородних родовищ до експлуатації залучаються не тільки добре- і важкозбагачувальні руди, але й значні об'єми нерудних корисних копалин, накопичуються значні запаси відходів збагачення у якості техногенної сировини (табл. 1).

Таблиця 1

Розробка сировини на Полтавському ГЗКа

Різновид гірничої маси	Річний об'єм виймання, млн т	Товарна продукція	Вихід товарної продукції, млн т, %	Відходи гірничого виробництва, млн т	Складування відходів
Залізисті кварцити $K_2^2$	9,8	щебінь	1,1/20	4,4	Шламосховище
Кварцити $K_2^3$ - $K_2^2$	30,1	—	—	30,1	Зовнішній відвал
Амфіболіти корінні	1,1	щебінь	1,1/100	—	—
Амфіболіти вивітрілі	1,5	—	—	1,5	Внутрішній відвал

Використання їх в промисловості дозволяє значно покращити рентабельність підприємства, скоротити об'єми відходів гірничого виробництва, знизити негативну дію їх на навколишнє середовище. Основним видом нерудної сировини, що попутно добувається, є скельні вмішуючі породи, які представлені плагіогранітами та мігматитами (західний борт кар'єру), амфіболітами (східна частина Горишне-Плавнинського родовища), кристалічними сланцями, безрудними і малорудними кварцитами. Ці породи, у першу чергу, використовуються для виробництва високоякісного щебеню, який споживається як на комбінаті, так і поставляється різним організаціям. Збагачувальний переділ дозволяє виробляти 43,9 % концентрату з багаті руди пласта  $K_2^2$  і 32 % – з бідної пласта  $K_2^3$ . За технологією сухої магнітної сепарації на першій стадії збагачування виділяється 20 % щебеню. За балансові залізні руди повністю перероблюються на щебінь, амфіболіти – до 50 %, некондиційні кварцити – до 5 %.

В теперішній час на комбінаті для виробництва щебеня із вмішуючи скельних порід експлуатуються дві установки з загальною річною продуктивністю до 1250 тис. м<sup>3</sup>. Крім того, із сировини кар'єру силами Меукологоспбуду та Облдорбуду щороку виробляється 500...600 тис. м<sup>3</sup> щебеню.

До складу дробильної фабрики входять два корпуси сухої магнітної сепарації, на яких переробляється уся руда, яка поступає, без попереднього грохочення. Об'єм річного виходу будівельного щебеню складає 2210 тис. м<sup>3</sup>.

Нами досліджувалися властивості бетонної суміші та важкого бетону з заповнювачами із скельних вмішуючих порід Полтавського ГЗКу (амфіболіти, кварцити) у різних співвідношеннях. У якості в'язучого використовувався цемент Криворізького цементно-гірничого комбінату. Використання відходів гірничо-збагачувального виробництва дозволило отримати високоефективні бетони широкої області застосування.

Також розглянуто вплив комплексних хімічних добавок – органо-мінерального комплексу, який складається з модифікованого плава дикарбонових кислот (МПДКв), лігносульфонатів (ЛСТ) і вапна з відходів гірничого виробництва (порошкоподібного і гашеного 50 % концентрації), на властивості цементних композицій.

Вапно з відходів дробіння та розпилування вапняків одержували у дослідницько-проми-

словій печі циклонного типу на Полтавському КЗКі шляхом випалювання у струмі високотемпературних газів заздалегідь змеленого вапняку.

Піч циклонного барабана забезпечує високу якість готового продукту, а наявність теплообмінних елементів для утилізації теплоти димових газів і вапна обумовлює її високий термічний коефіцієнт корисної дії. Піч циклонного типу доцільно використовувати в комплексі з млиною системою для помелу вапняку, в якій димові гази використовуються як сушильний агент.

Дослідження показали, що виробництво вапна в печі циклонного типу забезпечує отримання вапна з високою хімічною активністю. У вапна, залежно від режиму випалення, вміст активних оксидів кальцію і магнію знаходиться в межах 70...85 %. М'який температурний режим випалення (900...1150 °С) і малий час термообробки (1,5...2,5 с) забезпечує наявність перепалу у вапно не більше 2 %.

Численні дослідження в області фізико-хімічних процесів, які лежать в основі схоплювання і твердіння цементів, не дозволили ще повністю розкрити суть цих явищ, пов'язаних з істотними розбіжностями в поглядах провідних учених на окремі положення, що визначають механізм твердіння цементу.

В даний час переконання на процеси твердіння мінеральних в'язучих речовин базуються на великому експериментальному матеріалі із залученням нових методів досліджень, таких як рентгенографія, термографія, електронна мікроскопія та ін.

У роботах П. А. Ребіндера [2] на основі фізико-механічних уявлень про механізм процесів структуроутворення встановлені закономірності синтезу твердих тіл із заданими механічними властивостями і розроблені наукові основи технології отримання будівельних матеріалів з необхідними властивостями і структурою. У основу теорії твердіння гідратаційних в'язучих їм покладені уявлення про два види структуроутворення, згідно яких при взаємодії цементу з водою спостерігається інтенсивне розчинення, гідратація і гідроліз твердої фази, про що свідчать зростання електропровідності і рН, а також утворення коагуляційної структури, що безперервно зміцнюється.

Мінералогічний склад цементу є однією з основних характеристик, що визначають фізико-хімічні і фізико-механічні властивості цементу.

Дослідженнями, проведеними на тісті, приготованому з чистих клінкерів різного мінералогічного складу, показано, що кінетика зміни рідкої фази і пересичення її щодо нових гідратних фаз у клінкерів різного мінералогічного складу неоднакові.

Процеси, що розвиваються в найраніший період гідратації, обумовлені наявністю найбільш розчинних складових клінкеру – трикальцієвого силікату, трикальцієвого алюмінату і лужних сульфатів. Так, вже через три хвилини з моменту затворення в рідкій фазі міститься значна кількість іонів кальцію і лужних металів, а також зростає лужність середовища. Разом з тим, концентрація цих іонів в рідкій фазі не однакова у клінкерів різного мінералогічного складу. У алітових клінкерів в початковий момент спостерігається висока концентрація іонів кальцію, яка знижується протягом першої години. Рідка фаза таких клінкерів стає пересиченою щодо гідроокису кальцію практично миттєво. У білітового ж клінкеру збагачення рідкої фази кальцієм відбувається поступово і найбільш висока концентрація кальцію досягається через три години. Рідка фаза білітового клінкеру стає насиченою щодо гідроокису кальцію тільки через п'ять годин після затворення. Надалі протягом доби спостерігається незначне її пересичення щодо гідроокису кальцію.

Зміна в клінкері трикальцієвого алюмінату не змінює характер кінетичних кривих кальцію, оскільки рідка фаза алітових клінкерів стає пересиченою щодо гідроокису кальцію відразу ж після затворення, а розчинність трикальцієвого алюмінату різко знижується в розчинах, насичених гідроокисом кальцію.

Відомо, що фізико-механічні властивості цементу починають виявлятися через деякий час після початку процесів гідролізу і гідратації цементних мінералів.

Динаміка наростання міцності в часі  $I$ , що приймається як відношення добової міцності до 28-добової  $I = \frac{R_1}{R_{28}}$  складає [3] для портландцементу 0,3...0,5, а для глиноземистого цементу – 0,9. Таким чином, портландцементи навіть високих марок не можуть бути повною мірою віднесені до типу швидкотвердіючих цементів.

У проблемі отримання швидкотвердіючих і високоміцних портландцементів важливим є модифікування цементних мінералів в процесі їх формування при випаленні цементного клінкеру і надання модифікуючого впливу на процеси структуроутворення і твердіння цементів.

Розглядаючи вплив зовнішньої будови кристалів аліта на швидкість гідратації і міцність портландцементу, встановлено, що розміри і зовнішня форма кристалів істотно впливають на властивості цементу.

При різних показниках міцності алітового і білітового цементів спостерігається різний вміст  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в продуктах їх твердіння. На підставі чого можна зробити висновок, що саме відповідним вмістом  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в продуктах твердіння можна пояснити високу міцність алітового цементу у віці 1, 3, 7 і 28 діб і низьку міцність білітового цементу. Авторами показано так само збільшення міцнісних властивостей бетону з додатково введеною кількістю  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Проведені дослідження дозволяють дійти висновку, що  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  є важливим структурним елементом твердіючого портландцементу, що визначає в значній мірі його міцнісні характеристики.

Як показали дослідження, величина рН водних розчинів органо-мінерального комплексу складає 12,3...12,9, а водних розчинів добавок ГДК і ГДК + ЛСТ – 3,4...3,7. Введення комплексних добавок зменшує терміни схоплювання портландцементу.

Структуроутворення портландцементного тіста з комплексними хімічними добавками представлено на рис. 1.

На рис. 2 показано вплив комплексних хімічних добавок на швидкість осадження портландцементної суспензії.

Для визначення міцності бетону виготовлялися зразки – куби розміром 10×10×10 см.

Результати впливу добавок на зміну рухливості бетонної суміші і міцнісні властивості бетону приведені на рис. 3, 4, 5.

Перед випробуванням бетонні зразки твердули в нормально-вологих умовах 1, 3, 7 і 28 діб і піддавалися пропарюванню в пропарювальній камері при  $t = 900^\circ\text{C}$  по режиму 2+3,5+9+2 годин.

Як показали дослідження, введення добавок уповільнює швидкість осадження цементної суспензії, а також скорочує період структуроутворення цементного тіста. Добавки володіють поліфункціональною дією, що виявляється пептизуючим ефектом, скороченням періоду структуроутворення. Застосування добавок не може викликати корозію арматури в бетоні, оскільки величина рН водних розчинів органо-мінерального комплексу складає 12,3...12,9.

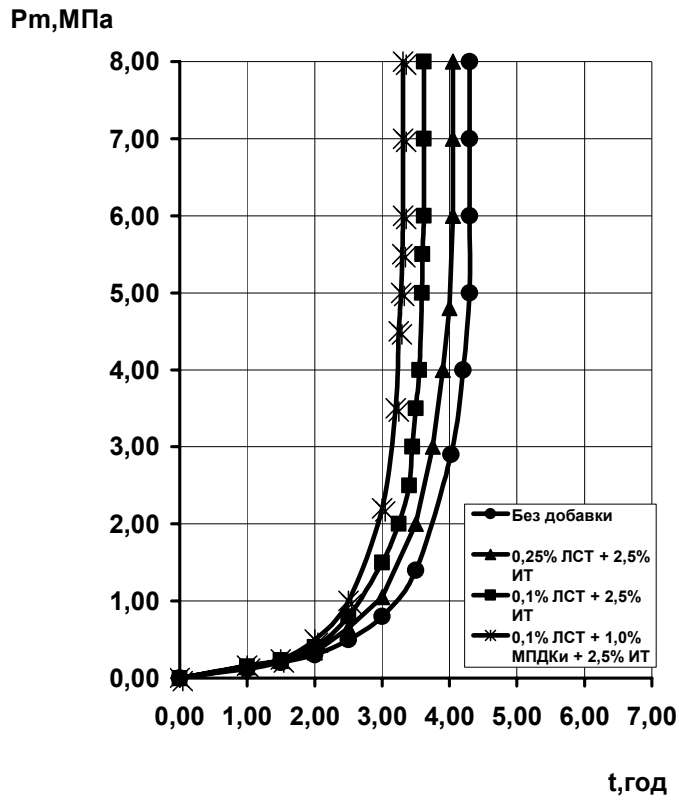


Рис. 1. Структурутворення портландцементного тіста з комплексними хімічними добавками

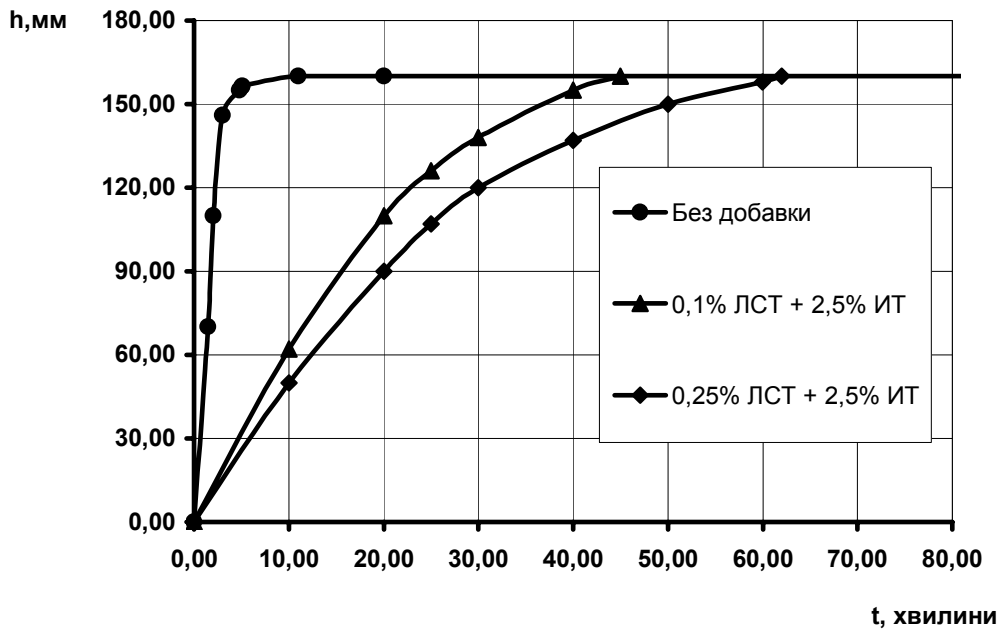


Рис. 2. Вплив комплексних хімічних добавок ЛСТ + ИТ на швидкість осадження портландцементної суспензії

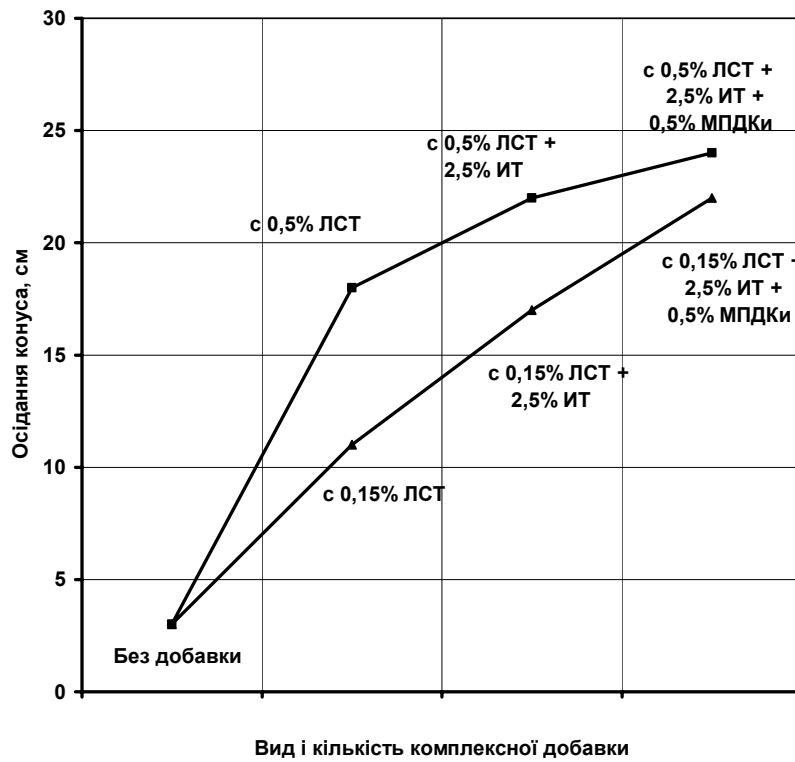


Рис. 3. Вплив комплексних хімічних добавок на зміну рухливості бетонної суміші

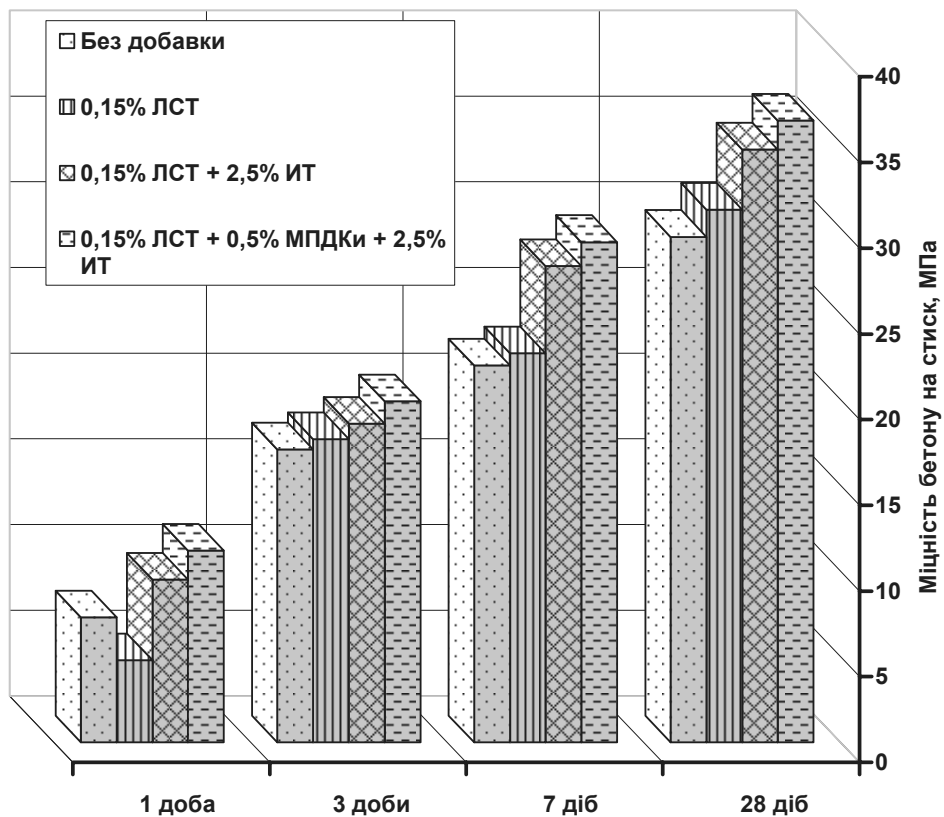


Рис. 4. Кінетика зміни міцності бетону з хімічними добавками, що твердіє в нормально-вологісних умовах

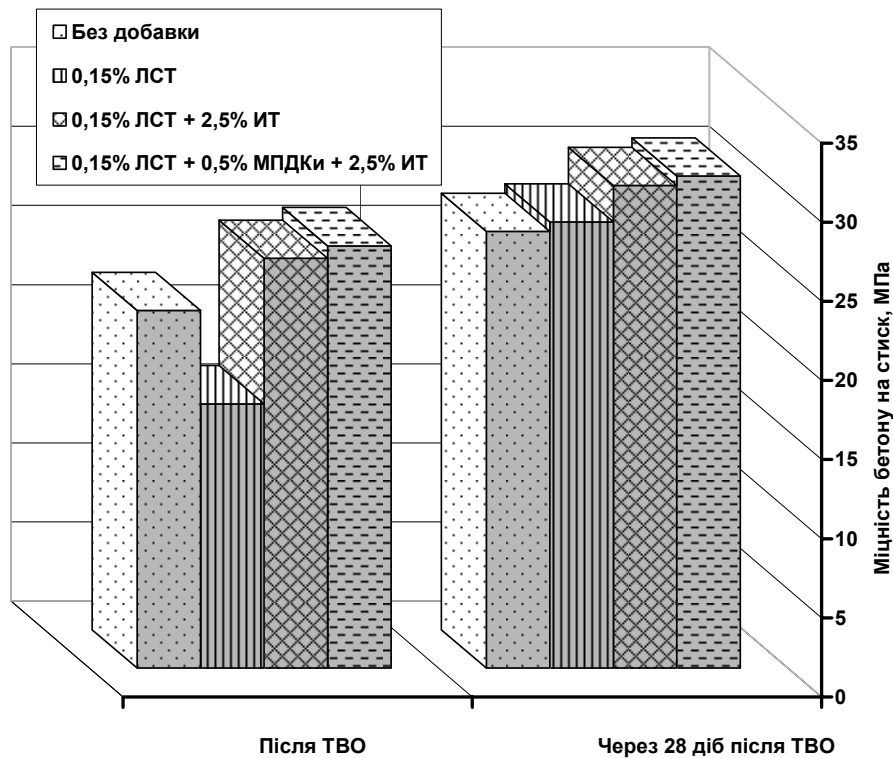


Рис. 5. Кінетика зміни міцності бетону з хімічними добавками, що твердіє при тепло-вологісній обробці

Введення органо-мінерального комплексу змінює рухливість бетонної суміші. Так, добавки, введені в кількості 0,15 % ЛСТ+2,5 % ИТ+0,5 % МПДКи збільшує рухливість бетонної суміші з ОК=2 см до 8 см, а при введенні добавок в кількості 0,5 % ЛСТ+2,5 % ИТ+0,5 % МПДКи з ОК=2 см до 23 см.

Встановлено, що комплексні поліфункціональні модифікатори підвищують рухомість бетонної суміші у 2...3 рази, сприяють зростанню міцності бетону, що твердіє як у нормально-вологісних умовах, так і з застосуванням тепловологої обробки. Приріст міцності важкого бетону з добавками складає 17 %...53 %. Із

застосування добавок загальний цикл тепловологої обробки скорочується на 25...50 %.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бизов, В. Ф. Відкриті гірничі роботи. Том XIII [Текст] : підручник для студ. ВНЗ закладів за напрямком «Гірництво» / В. Ф. Бизов, А. Ю. Дриженко. – Кривий Ріг: Мінерал, 2004. – 341 с.

Надійшла до редколегії 23.02.2010.  
Прийнята до друку 01.03.2010.