

**Зелінський Я.Й., здобувач освітнього ступеня «магістр»,
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
Шамрай В.І., к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»**

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ УТИЛІЗАЦІЇ ШЛАМУ КАМЕНЕОБРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КЕРАМІЧНОЇ ЦЕГЛИ

Накопичення великотоннажних відвалів гірничодобувної промисловості, зокрема відходів (шламу) обробки граніту, створює значне техногенне навантаження на довкілля, спричиняючи вилучення продуктивних земель та забруднення повітря мінеральним пилом. Ключова науково-практична проблема утилізації цього шламу полягає в його гранулометричному складі. Вміст дрібнодисперсних частинок (0–0,63 мм) у відсівах стабільно становить 29–32%, що у 6–10 разів перевищує гранично допустимі норми (3–5%) для дрібного заповнювача бетонів. Такий надлишок пилу різко збільшує водопотребу суміші та знижує кінцеву міцність виробів, роблячи традиційне використання у бетонах нерациональним та вимагаючи дороговартісної промивки [1].

Альтернативний шлях утилізації ґрунтується на гіпотезі, що критичний фізичний недолік відсівів (надлишок пилу) може бути конвертований у технологічну перевагу в керамічній промисловості. Ця теоретична модель пропонує використовувати дрібнодисперсний шлам не як інертний заповнювач, а як активний хімічний компонент – плавень (флюс). Завдяки своєму хімічному складу, що є аналогічним первинній сировині, ці відходи є значним недооціненим сировинним потенціалом.

Теоретичне обґрунтування цього шляху базується на хімічному аналізі шламу. Дослідження підтверджують високий вміст лужних оксидів K_2O та Na_2O – близько 8,0%. Рентгенофлуоресцентний аналіз показує, що сумарна частка оксидів-плавнів у гранітному шламі сягає 18,7%. Це кардинально відрізняється від традиційної вогнетривкої сировини, як-от каолін, який містить лише 2,4% плавнів. Таким чином, доведено, що гранітний шлам може замінювати вогнетривкий каолін і виступати як ефективний каталізатор процесу спікання.

Прогнозований фізико-хімічний механізм полягає у використанні шламу для цілеспрямованого зниження вогнетривкості керамічної шихти. Висока концентрація оксидів-плавнів (K_2O , Na_2O , а також CaO та MgO) при нагріванні формує легкоплавкі евтектичні суміші з SiO_2 та Al_2O_3 . Це забезпечує інтенсивне утворення рідкої склоподібної фази при значно нижчих температурах (на 100–200 °C менше), ніж це необхідно для спікання чистого каоліну. Утворений рідкий розплав виконує функцію капілярного ущільнення керамічного тіла, заповнюючи пори та зв'язуючи частинки.

Ключовою прогнозованою перевагою є суттєве енергозбереження. Активація процесів низькотемпературного спікання дозволяє теоретично обґрунтувати зниження оптимальної температури випалу. Замість типових $>1200^\circ C$ для мас на основі каоліну, прогнозований оптимальний діапазон становить 1000–1150°C. Це забезпечує потенційну економію палива у діапазоні 10–20%.

Окрім енергоефективності, очікується значне покращення фізико-механічних властивостей кінцевого продукту. Інтенсивне утворення склофази, що закриває пори, має призвести до різкого зниження водопоглинання. Одночасно, формування міцної скломатриці, що зв'язує частинки, прогнозовано забезпечить значне зростання міцності при стиску.

При теоретичному моделюванні цього процесу важливо враховувати і побічні ефекти. Висока концентрація плавнів та інтенсивне ущільнення, ймовірно, спричинять збільшення загальної усадки виробів при випалі. Також, підвищений вміст пігментуючих оксидів у шламі, зокрема Fe_2O_3 (4,5%) та TiO_2 (0,7%), змінить кінцевий колір кераміки з білого на відтінки жовтого або коричневого, що є прийнятним для будівельної кераміки.

Таким чином, теоретично доведено, що шлам камінеобробних підприємств є цінною техногенною сировиною, здатною вирішити як екологічну проблему відвалів, так і технологічну задачу енергозбереження. Для експериментального підтвердження гіпотези низькотемпературного спікання запропоновано конкретні рецептури із систематичним введенням гранітного відсіву (від 10% до 40%) та схему термічних сходинок випалу (950°C – 1150°C).

Список використаної літератури:

1. Дослідження якісних властивостей відходів каміневидобування та камінеобробки з метою їх використання як сировини для виготовлення геополімерного бетону / В. І. Шамрай та ін. Технічна інженерія. 2023. № 1(91). С. 385–397. URL: [https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-385-397](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-385-397).