

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф., М.О. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, доц.,
С.В. ПАСТУХОВ, аспірант
Криворізький національний університет

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ БЕТОНІВ З ВІДХОДАМИ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНИХ РУД ДЛЯ НАРОЩУВАННЯ ПЕРЕРІЗІВ

Сучасні екологічні виклики та гостра необхідність утилізації промислових відходів гірничо-металургійного комплексу стимулюють пошук інноваційних будівельних матеріалів. Відходи збагачення залізних руд, які у величезних обсягах збираються у спеціальних накопичувачах, сьогодні розглядаються як перспективний дрібний заповнювач для створення високоміцних бетонів підсилення. Цей напрямок фокусується на практичних особливостях формування надійного шару підсилення для залізобетонних конструкцій. Фундаментальною базою для цього слугують глобальні огляди властивостей бетонів із додаванням відходів збагачення залізних руд [1] та дослідження щодо впливу спеціальних хімічних добавок (поверхнево-активних речовин) на процеси їх гідратації [2].

За своєю структурою відходи збагачення залізних руд є дрібнодисперсним матеріалом із кварцу, польових шпатів та залишкових оксидів заліза. Їх використання у бетонах нового покоління є важливим кроком до безвідходного виробництва. Однак специфічна будова частинок цих відходів — висока твердість, велика площа поверхні, шорсткість та кутастість — суттєво впливає на реологію. Заміна традиційного піску на такі відходи підвищує водопоглинання, що знижує легкоукладальність суміші [1]. Оскільки нарощування перерізів відбувається у вкрай обмеженому просторі, насиченому арматурою, такі суміші обов'язково модифікують сучасними суперпластифікаторами. Попри падіння рухливості, коефіцієнт ущільнення залишається на рівні 0.89–0.92, що гарантує високу щільність матеріалу за умови якісного вібрування [1].

Механізм покращення міцності такого бетону ґрунтується на ефекті максимального ущільнення його структури. Дрібні частинки відходів збагачення залізних руд діють як мікронаповнювач: вони проникають у найдрібніші пори, які під час гідратації заповнюються новоутвореннями, різко знижуючи водопроникність матеріалу [1]. Використання реактивного порошку з гранульованого шлаку та тонкодисперсних відходів у поєднанні з пластифікаторами робить бетонну суміш максимально однорідною. Це запобігає флокуляції цементу та прискорює процес гідратації, завдяки чому міцність бетону на стиск зростає на 30–200% [2]. При цьому активний кремнезем з відходів створює додатковий гель гідросилікату кальцію, який надійно цементує та ущільнює слабку транзитну зону між заповнювачем і цементним каменем [1].

Експерименти свідчать, що оптимальна частка заміщення піску відходами збагачення становить 20–40%, що підвищує міцність на стиск у середньому на 14% (до 92–95 МПа у надміцних бетонах на 28-му добу) [1]. Фізичне зчеплення кутастих частинок гальмує розвиток мікротріщин, покращуючи міцність на розтяг при згині на 4.8–8%.

При нарощуванні перерізів надійність контактної зони зі старим бетоном є визначальною. Мікрочастинки відходів проникають у його пори, забезпечуючи високе зчеплення. До того ж, знижена усадка бетонів із 20–30% відходів мінімізує ризики тріщин та відшарування, гарантуючи довговічну монолітну роботу відновленої конструкції [1], [2]. Отже, комплексна дія дрібних часток відходів збагачення залізних руд робить їх повноцінною альтернативою природному піску. Їх застосування гарантує структурну надійність підсилених елементів та повністю відповідає сучасним вимогам безвідходного виробництва [1].

Список літератури

1. Arbili, M.M., Alqurashi, M., Majdi, A., Ahmad, J., Deifalla, A.F. (2022). Concrete Made with Iron Ore Tailings as a Fine Aggregate: A Step towards Sustainable Concrete. *Materials*, 15, 6236. MDPI. <https://doi.org/10.3390/ma15186236>
2. Шиникін О. О., Насич О. Б. Застосування відходів збагачення залізних руд в технології бетонів нового покоління // Вісник Криворізького національного університету. – 2022. – Вип. 55. – С. 146–148.