

**ЗАСТОСУВАННЯ ВІДХОДІВ ЗБАГАЧЕННЯ ЗАЛІЗНИХ РУД
В ТЕХНОЛОГІЇ БЕТОНІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ**

Мета. Метою даної роботи є дослідження із визначення ефекту впливу реакційних порошків, які використовуються одночасно з колоїдною поверхнево-активною речовиною, на міцність порошкового бетону.

Методи дослідження. Виготовлення зразків бетону та визначення його міцності здійснювалося на основі стандартних методів.

Наукова новизна. Застосування у якості дрібного заповнювача реакційних порошкових бетонів суміші річкового і техногенного піску, який містить сполуки заліза, дозволяє підвищити міцність даних бетонів при стиску на 30-200%.

Практична значимість. Підвищення якості бетонів, призначених для будівництва довговічних та унікальних споруд.

Результати. В результаті експериментів встановлено, що міцність бетону на стиск, отриманого в результаті гідратації дисперсної системи «портландцемент – колоїдна поверхнево-активна речовина – реакційний порошок», коли використовується як реакційно-здатний порошок мелений річковий пісок зола виносу ТЕС, дрібна фракція відходів збагачення залізної руди і доменний гранульований шлак, вище міцності бетону, отриманого на портландцементі без добавок. Наявність в дисперсії колоїдної поверхнево-активної речовини забезпечує підвищену міцність на стиск отриманого бетону. Швидкість набору міцності при стиску бетону, отриманого в результаті твердіння дисперсної системи «портландцемент – колоїдна поверхнево-активна речовина – реакційний порошок» залежить від типу реакційного порошку. Отже, найбільшу швидкість формування міцності та її кінцеве значення має бетон, що містить суміш гранульованого шлаку та відходів збагачення залізної руди, як реакційного порошку. Дослідження та їх результати показали, що використання колоїдної поверхнево-активної речовини веде до підвищення ефективності використання отриманих мінеральних порошків, зокрема, з відходів збагачення залізних руд і доменного гранульованого шлаку, в реактивному порошковому бетоні. Найефективніший реактивний порошок, який доцільно використовувати одночасно з колоїдними поверхнево-активними речовинами є відходи збагачення залізних руд та доменний гранульований шлак. Це означає, що використання колоїдної поверхнево-активної речовини більш ефективно для модифікації бетонів на основі шлакопортландцементу ніж для бетону на портландцементі.

Ключові слова: Реакційний порошковий бетон, річковий пісок, з'єднання заліза, міцність, техногенний пісок

doi: 10.31721/2306-5451-2022-1-55-146-149

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Реакційні порошкові бетони, отримані в кінці 20-го століття, є бетонами нового покоління, що володіють цілим рядом специфічних властивостей, що дозволяють створювати унікальні будівлі і споруди з використанням передових технологій, наприклад, будівельний 3D-друк. Дані бетони виготовляються без застосування крупного заповнювача, в зв'язку з цим збільшується потреба в дрібному заповнювачі. Однак зі зростанням цін на пісок для будівництва існує потреба у вишукуванні економічних і раціональних прийомів використання місцевої сировини для виробництва бетонів, в тому числі і реакційних порошкових. Додатковим фактором, що схиляє до цих рішень є витрати на транспортування матеріалів і сировини до місця будівництва, які постійно збільшуються. Іншою проблемою, яка стримує широке поширення перспективної технології будівельного 3D-друку, є необхідність отримання реакційних порошкових бетонів високої міцності без застосування таких технологічних прийомів, як віброущільнення і пресування, а також без застосування спеціальних модифікаторів - хімічних речовин-прискорювачів твердіння цементу.

Аналіз досліджень та публікацій. В даний час найбільш широко поширеними матеріалами техногенного походження, які мають фракційний склад, що відповідає дрібному заповнювачу бетонів, є відходи гірничо-збагачувальних комбінатів (так звані «хвости» збагачення залізних руд). Ці відходи використовуються, як для додаткового вилучення корисних компонентів, так і в якості одного з компонентів складного в'язучого [1,2] або дрібного заповнювача [2-9]. Дослідження, проведені [3], стали основою для використання відходів збагачення залізних руд в якості дрібних заповнювачів бетону і подальших досліджень в цьому напрямку [4-10]. Основними результатами, отриманими в роботі [5], використаними і підтвердженими в інших роботах, є наступне:

у міру заміни частини річкового піску на відходи збагачення залізних руд, звільнених від фракції менше 0,14 мм, при використанні їх суміші відбувається підвищення міцності бетону;

повна заміна річкового піску на відходи збагачення залізних руд, звільнених від фракції менше 0,14 мм, в якості наповнювача бетону призводить до підвищення його міцності на 15%;

міцність бетону на відходах збагачення залізних руд, звільнених від фракції менше 0,14 мм, природного твердіння вище міцності такого ж бетону, підданого тепловій обробці;

введення в бетон в якості добавки тонкодисперсної частини (фракції менше 0,14 мм) відходів збагачення залізних руд в кількості 5-15% призводить до підвищення його міцності на 5-88%;

введення в бетон на портландцементі як добавки тонкодисперсної частини відходів збагачення залізних руд (фракції менше 0,14 мм) призводить до підвищення його міцності до 6%, а бетону на шлакопортландцементі до 88%;

для поліпшення технологічних властивостей бетонних сумішей на основі відходів збагачення залізних руд в них слід вводити мікронаповнювачів у вигляді тонкодисперсної частини відходів збагачення залізних руд (фракції менше 0,14 мм);

вміст оксидів заліза в відходах збагачення залізних руд в кількості 6-15% не впливає на легкоукладність бетонної суміші і міцність при стисненні бетону.

Крім того, слід зазначити, що дослідження [5] проведені для бетонів на крупному заповнювачі і не можуть бути поширені на дрібнозернисті бетони. У подальших дослідженнях бетонів з використанням відходів збагачення залізних руд, спираючись на результати досліджень [5], їх застосовували як дрібний заповнювач повністю замінюючи річковий пісок. Аналіз наведених вище результатів досліджень показав: немає особливого сенсу у фракціонуванні відходів збагачення залізних руд (тобто видалення з них фракції менше 0,14 мм) якщо здійснювати часткову заміну річкового піску на нефракціоновані відходи збагачення залізних руд; застосування відходів збагачення залізних руд як дрібного заповнювача або його частини найбільш ефективно в бетонах на основі шлакопортландцементу або портландцементів з високим вмістом доменного гранульованого шлаку; відсутні дослідження дрібнозернистих бетонів, на основі змішаного дрібного заповнювача, в якому одну його частину складають відходи збагачення залізних руд, а іншу - річковий пісок.

Постановка завдання. Метою досліджень є підвищення міцності при стиску реакційних порошкових бетонів за рахунок використання комплексного заповнювача, що складається з суміші річкового і техногенного піску. У дослідженнях для виготовлення бетону використовували портландцемент М400 (ПАТ «ХайдельбергЦемент Кривий Ріг»), дрібний заповнювач - відходи збагачення залізних руд Новокриворізького гірничо-збагачувального комплексу ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (Україна), що мають максимальний розмір часток 0,63 мм. і дніпровський річковий пісок. Компоненти бетонної суміші дозували в необхідних, відповідно до плану експерименту, кількостях, перемішували лабораторному змішувачі протягом 3 хв. Отримана суміш укладалася в металеву форму-куб, який має розмір сторін 7 см. Форму, що містить бетонну суміш жорстко закріплювали на лабораторному вібромайданчику і ущільнювали вібрацією до повного ущільнення, яке характеризувалося припиненням осідання бетонної суміші і припиненням виділення бульбашок повітря. Після завершення укладання і ущільнення бетонної суміші в формі, відкриту поверхню зразка загладжували кельмою. Перші 24 години зразки бетону тверділи в нормальних умовах, при цьому їх до розпалубки зберігали в формах, покритих вологою тканиною. Це виключало можливість випаровування з них вологи в приміщенні з температурою повітря (293 ± 5) К. Через 24 години після виготовлення, зразки бетону виймали з форм та поміщали в камеру, яка забезпечувала у їх поверхонь нормальні умови, тобто температуру (293 ± 3)К і відносну вологість повітря (95 ± 5)%. У камері зразки укладали на підкладки так, щоб відстань між ними, а також між зразками і стінками камери було не менше 5 мм. Площа контакту зразка з підставками, на які він встановлений, не перевищувала 30% площі опорної грані зразка. Основним показником якості досліджуваного бетону була прийнята його межа міцності при стиску. Визначення міцності зразків здійснювали за допомогою універсальної випробувальної машини УММ-100.

Викладення матеріалу та результати. Результати досліджень впливу вмісту відходів збагачення залізних руд в складі дрібного заповнювача реакційних порошкових бетонів показали, що існує їх оптимальний вміст в заповнювачі (рис. 1, 2).

При цьому, чим вищий вміст заповнювача в бетоні, тим більш виражений вплив вмісту в ньому відходів збагачення залізних руд.

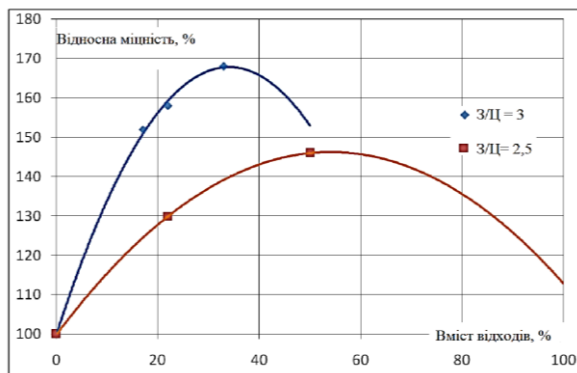


Рис. 1. Вплив вмісту відходів збагачення залізних руд в заповнювачі на міцність бетону ($V/C = 0,5$; Z/C - відношення маси дрібного заповнювача до маси цементу)

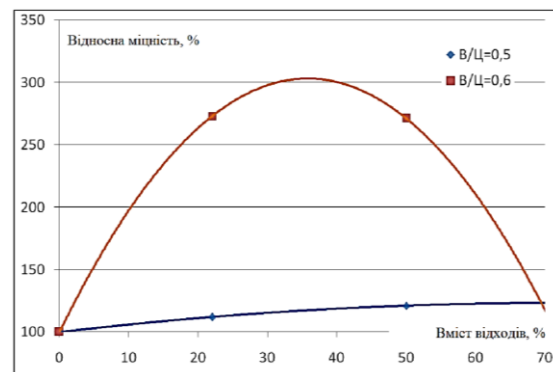


Рис. 2. Вплив вмісту класифікованих відходів збагачення залізних руд в заповнювачі на міцність бетону (фракція менше 0,14 мм видалена)

При застосуванні класифікованих відходів збагачення залізних руд (видалено фракцію менше 0,14 мм), зі зменшенням водоцементного відношення в бетоні вплив відходів зменшується (рис. 3).

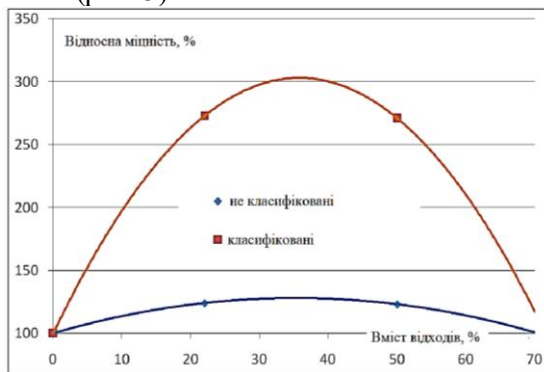


Рис. 3. Вплив класифікації відходів збагачення залізних руд (видаленням фракції менше 0,14 мм), застосованих як заповнювач бетону, на його міцність

Висновки та напрями подальших досліджень. Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

застосування у якості дрібного заповнювача реакційних порошкових бетонів суміші річкового і техногенного піску, що містить сполуки заліза, дозволяє підвищити міцність даних бетонів при стиску на 30-200%;

оптимальний вміст техногенного піску, що містить сполуки заліза, в заповнювачі залежить від вмісту заповнювача в бетоні. Зі збільшенням вмісту заповнювача в бетоні зменшується оптимальний вміст техногенного піску, що містить сполуки заліза, в заповнювачі.

Список літератури

1. Резниченко, П. Т. Охрана окружающей среды и использование отходов промышленности / П. Т. Резниченко, А. П. Чехов. – Днепропетровск: Промінь, 1973. – 94 с.
2. Шишкин А.А. Щелочные реакционные порошковые бетоны / А.А. Шишкин // «Строительство уникальных зданий и сооружений». – 2014 – 2(17). – С. 56-65.
3. Соломатов В.И. Пути активации наполнителей композиционных строительных материалов / В.И. Соломатов, Л.И.Дворкин, С.М. Чудновский // Изв. вузов. Стр-во и архитектура. - 1987. - № 1. - С. 60-63.
4. Стороженко Л. И. Конструкции из бетонов на отходах горнорудной и металлургической промышленности / Л. И. Стороженко, Б. Н. Шевченко, В. М. Ильенко, и др.— Киев : Будівельник, 1982.— 72 с.
5. Пухальский Г. В. Свойства бетонов на песках из отходов горнообогатительных комбинатов / Г.В. Пухальский, Г.Н. Бондаренко // Бетон и железобетон. 1975. - № 5. – С. 26-28.
6. Герб П.И. Экспериментальные исследования прочности и деформативности железобетонных балок, усиленных наращиванием в растянутой зоне бетоном, из отходов обогащения железных руд / А.И. Валовой, П.И. Герб // Дороги і мости : зб. наук. пр. – Вип. 11. – Київ, 2009. – С. 44–49
7. Шишкин А.А. Особенности использование отходов горнообогатительных комбинатов в производстве строительных материалов / А. А. Шишкин, А. А. Шишкина, В. В. Щерба // Вісник ДНАБА. 2013. - 1(99). – С. 8-12.
8. Вандоловський А. Г. Міцнісні властивості особливо дрібнозернистого бетону на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів у ролі заповнювача / А.Г. Вандоловський, В.М. Чайка // Збірник наукових праць УкрДУ-ЗТ, 2016. – вип. 160. – С. 17-24.
9. Shishkin A. Reaction powder concrete in concrete filler / A. Shishkin, E. Khaled // Norwegian Journal of development of the International Science. – 2017. – Vol. 1. – pp. 70-74.
10. Баженова С. И. Получение высококачественного бетона с использованием модификаторов структуры на основе отходов промышленности [Текст] / С. И. Баженова // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, март 2011 г.). — СПб.: Реноме, 2011. — С. 23-25.