

УДК 691.32

РЕАКЦІЙНІ ПОРОШКОВІ БЕТОНИ НА ЗМІШАНОМУ ЗАПОВНЮВАЧІ

REACTION POWDER CONCRETE IN CONCRETE FILLER

Шишкін О.О. д.т.н., проф. (КНУ, м. Кривий Ріг), Эддин Халид (КНУ, м. Кривий Ріг)

Shishkin A. A. DSc in engineering, professor (National University of Kryvyi Rih), Eddine Khaled, Graduate student (National University of Kryvyi Rih)

У статті описано результати експериментальних досліджень дрібнозернистих бетонів із застосуванням змішаного заповнювача, який складається із суміші річкового та техногенного піску

Reactive powder concrete allows creating unique buildings and structures using advanced technologies, for example, 3D construction printing. However, with the increase in prices for traditional filler for construction, there is a need to find ways to use local raw materials for the production of concretes, including reactive powders. The results of the research showed that the use as a fine aggregate of reactive powder concretes of a mixture of river and man-made sand containing iron compounds makes it possible to increase the strength of these concrete during compression by 30-200%.

Ключеві слова: Реакційний порошок бетон, річковий пісок, з'єднання заліза, міцність, дрібний заповнювач, техногенний пісок

Keywords: Reactive powdered concrete, river sand, iron compounds, strength, fine aggregate, man-made sand

Реакційні порошок бетоні, 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.

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 [2-6].

Дослідження, проведені [3], стали основою для використання відходів збагачення залізних руд в якості дрібних заповнювачів бетону і подальших досліджень в цьому напрямку [4-6].

Основними результатами, отриманими в роботі [3], використаними і підтвердженими в інших роботах, є наступне:

1. 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.

2. Повна заміна річкового піску на відходи збагачення залізних руд, звільнених від фракції менше 0,14 мм, в якості заповнювача бетону призводить до підвищення його міцності на 15%.

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

4. 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%.

5. 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%.

6. 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).

7. 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 [3] 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 [3], 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.

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 «Хайдельберг цемент Кривий Ріг»), дрібний заповнювач - відходи збагачення залізних руд Новокриворізького гірничо-збагачувального комплексу ВАТ «Арселор Міттал 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, відкрити 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.

Результати досліджень впливу вмісту відходів збагачення залізних руд в складі дрібного заповнювача реакційних порошкових бетонів показали, що є 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.

Що стосується рухомості бетонної суміші, то тільки при значному вмісті заповнювача в бетоні спостерігається оптимальний вміст відходів у складі заповнювача (рис. 1).

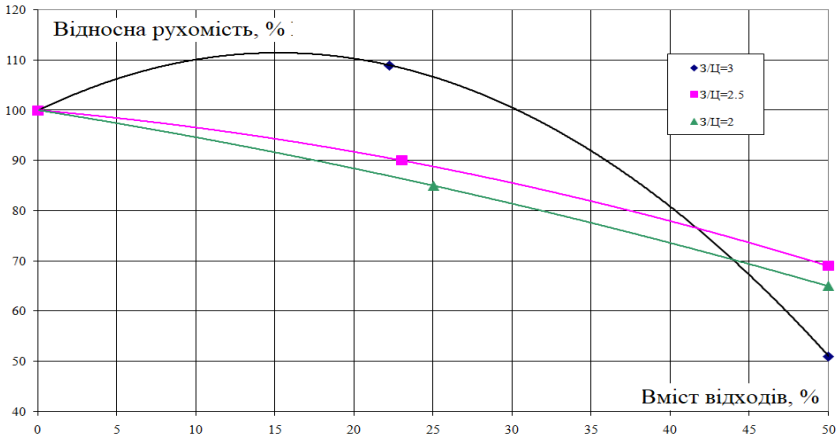


Рис. 1. Вплив вмісту відходів збагачення залізних руд в заповнювачі на рухомість бетонної суміші (В/Ц = 0,5; 3/Ц - відношення маси дрібного заповнювача до маси цементу)

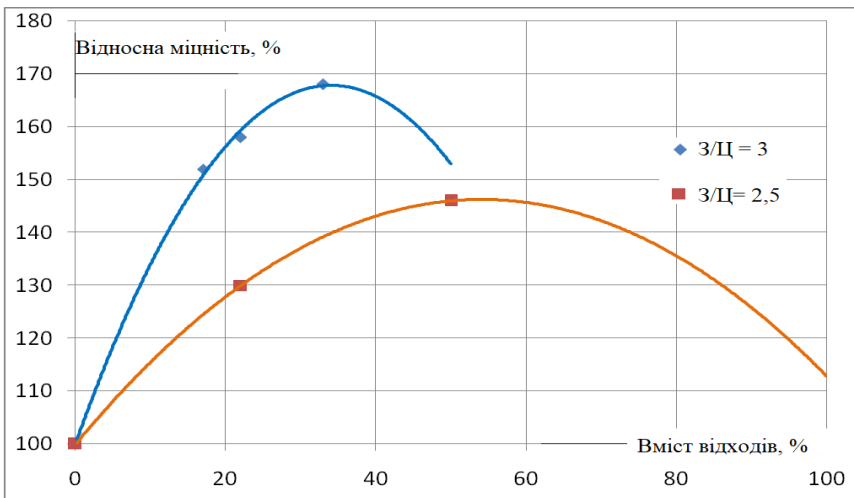


Рис. 2. Вплив вмісту відходів збагачення залізних руд в заповнювачі на міцність бетону (В/Ц = 0,5; 3/Ц - відношення маси дрібного заповнювача до маси цементу)

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

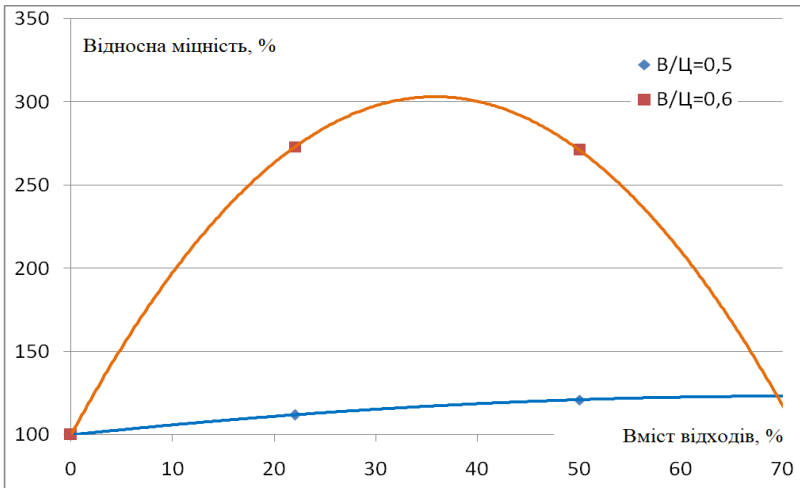


Рис. 3. Вплив вмісту класифікованих відходів збагачення залізних руд в заповнювачі на міцність бетону (фракція менше 0,14 мм видалена)

У той же час, класифіковані відходи збагачення залізних руд (з видаленою фракцією менше 0,14 мм) забезпечують більший приріст міцності бетону при стисканні, який досягає 300% (рис. 4).

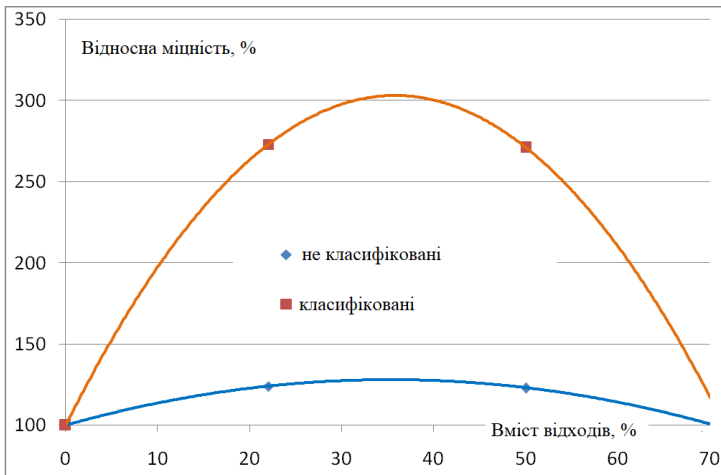


Рис. 4. Вплив класифікації відходів збагачення залізних руд (видаленням фракції менше 0,14 мм), застосованих як заповнювач бетону, на його міцність

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. 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%.

2. 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.

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. Пухальский Г. В. Свойства бетонов на песках из отходов горно-обогатительных комбинатов / Г.В. Пухальский, Г.Н. Бондаренко // Бетон и железобетон. 1975. - № 5. – С. 26-28.

4. Шишкин А.А. Особенности использование отходов горно-обогатительных комбинатов в производстве строительных материалов / А. А. Шишкин, А. А. Шишкина, В. В. Щерба // Вісник ДНАБА. 2013. - 1(99). – С. 8-12.

5. Вандоловский А. Г. Міцнісні властивості особливо дрібнозернистого бетону на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів у ролі заповнювача / А.Г. Вандоловский, В.М. Чайка // Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2016. – вып. 160. – С. 17-24.

6. 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.