

Дослідження стійкості сталевій арматури до хімічної корозії в металонасичених композитах

Дмитро Анопко, канд.техн.наук, доцент¹ (ORCID: 0000-0002-2585-2512), Ольга Гончар, канд.техн.наук, доцент¹. (ORCID: 0000-0002-1071-7553), Артур Марціх, канд.техн.наук, доцент¹ (ORCID: 0000-0002-6201-3507), Влад Галіца, здобувач освітнього рівня магістр¹ (ORCID: 0009-0005-6211-7858)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, 03037, м. Київ, проспект Повітряних Сил, 31, Україна

АНОТАЦІЯ

Розроблено радіаційно-захисні бетони на чавунних заповнювачах, які є більш стійкими до дії різних агресивних середовищ у порівнянні з бетонами на рядовому та сульфатостійкому портландцементі без добавки. Це пояснюється тим, що у досліджуваних матеріалах утворений при гідратації портландит зв'язується не тільки мікрокремнеземом, але й механоактивованими оксидами заліза, які входять до складу в'язучої речовини. Коефіцієнт стійкості бетонів в різних середовищах становить відповідно: в морській воді 90 – 91%, 3 %-му розчині $MgSO_4$ 47,5–54 %, 10 %-му розчині Na_2SO_4 44 – 51 %, 10 %-му розчині $NaCl$ 85,5 – 88,5 %. Встановлено, що сталеві арматури в запропонованих бетонах знаходяться в пасивному стані, що пояснюється як високою щільністю матеріалу, так і рН середовища, яке складає 12-12,5.

Ключові слова: радіаційнозахисний, фібробетон, корозійна стійкість, металева арматура, композит.

1. ВСТУП

До радіаційно-захисних бетонів висуваються високі вимоги щодо стійкості до хімічної корозії, оскільки більшість конструкцій повинні працювати у складних кліматичних умовах досить тривалий час – понад 100 років. Отримання довговічного цементного каменю з підвищеним вмістом хімічно зв'язаної води та відсутністю усадки при твердінні може бути досягнуто за рахунок спрямованого синтезу у в'язучих системах новоутворень типу еtringіту. Під час тужавлення цементу зв'язування алюмінатів кальцію і гіпсу у високоосновні сполуки сприяє підвищенню стійкості цементного каменю при корозії III виду [1-7]. Цілоком природньо, що маючи велику долю виробництва електроенергії атомними станціями (на сьогодні більш ніж 50%), для України постає проблема поводження з відпрацьованим ядерним паливом (ВЯП). Сьогодні зберігання ВЯП в Україні здійснюється у вентильованих бетонних контейнерах ВБК-ВВЕР ТУ У 74.2-24584661-001-2003.

2. МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є дослідження захисних властивостей металонасиченого бетону по відношенню до сталевій арматури (рис. 1).



Рисунок 1. Бетонний контейнер системи зберігання - місця корозії арматури

3. КОНСТРУКЦІЯ КОНТЕЙНЕРУ

Як відомо внутрішня частина контейнера – це герметично закрита ємність (кошик) для розташування 24-х відпрацьованих тепловиділяючих збірок (ВТВЗ) в інертному газовому середовищі і виготовляється з вуглецевої сталі підвищеної міцності. Зовнішня частина контейнера виготовляється із високоміцного бетону і є конструктивною опорою для кошика та захищає його від впливу зовнішніх чинників, забезпечує природне охолодження і біологічний захист обслуговуючого персоналу. Згідно з технологією вентильованого контейнерного зберігання, контейнери з ВЯП розташовуються у вертикальному положенні на спеціальній бетонній площадці зберігання, фундаментній плиті. Система зберігання загалом є пасивною і після встановлення бетонних контейнерів на площадку зберігання не потребує значного технічного обслуговування. Така технологія є екологічно безпечною, ефективною, рентабельною і забезпечує пасивне тривале зберігання ВЯП протягом 100 років.

4. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Як сировинні компоненти використовували: портландцемент ПЦ 1-500-Н, суміш оксидів 2-х та 3-х валентного заліза після комплексної механохімічної активації в кількості 5% від маси в'язучої речовини, мікрокремнезем та дисперсне залізо. До складу композиту також додавали сталеву фібру у кількості 15% від маси в'язучої речовини. Дослідження захисних властивостей бетону по відношенню до сталевій арматури проводили на складі бетону, у якого співвідношення модифіковане в'язуче: дисперсне залізо = 1:1. Як еталон порівняння був прийнятий склад бетону на основі портландцементу ПЦ 1-500-Н та дисперсного заліза в співвідношенні 1:1,5.

Дослідження проводили по наступній методиці. Були виготовлені зразки-балочки природнього твердіння розміром 4x4x16 см з замоноліченим в зразку арматурним стрижнем круглого перетину діаметром 5 мм та довжиною 120 мм. Після твердіння в природніх умовах протягом 28

діб дослідні зразки піддавалися дії трьох середовищ: повітряно-вологого, водного, 5 %-вого розчину хлориду натрію.

5. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Як відомо [1-6] процес нейтралізації вапна в бетоні при повітряно-сухих умовах тверднення проходить швидше ніж в інших умовах, в зв'язку з реакцією вільного вапна з вуглекислою повітря. Так, в цих умовах глибина нейтралізації захисного шару в дослідних бетонах знаходяться в межах 0,2-4 мм, що нижче порівняно з еталоном складом, у якого цей показник складає 3-5 мм. Це пояснює гірший захист арматури портландцементом у порівнянні з модифікованим цементом, завдяки наявності запропонованої домішки. Оскільки завдяки механоактивованим оксидам заліза в цементному камені синтезуються тверді розчини алюмоферитних гідратів, які характеризуються підвищеною корозійною стійкістю у порівнянні з індивідуальними фазами в рядовому портландцементі [2, 3].

Ці новоутворення повинні синтезуватися порівняно у великій кількості, яка призводить до більш щільної структури бетону, зменшенню його пористості [4]. Деяка різниця в значеннях глибини нейтралізації захисного шару для радіаційнозахисного бетону, можливо, пов'язана з різним вмістом металевго заповнювача (дисперсне залізо), яке в наслідок своєї гігроскопічності вбирає воду, утворюючи корозійні електрохімічні мікро- та макропарі. В цих мікро- та макропарах відбувається перетік електронів, який виникає через різницю потенціалів між продуктами корозії та чистим металом. Тому, при високому вмісті заповнювача в бетоні, електрохімічних пар буде утворюватися більше, що буде впливати на глибину його нейтралізації. Бетон, що знаходився під водою, нейтралізації гідрата вапна, практично не зазнав.

В середовищі розчину хлориду натрію глибина нейтралізації захисного шару бетону – незначна, вона знаходиться в межах 0,1-1,0 мм, підвищення кількості дисперсного заліза призводить до зростання цього показника, і складає 0,1-2,0 мм. Слід відмітити, що найбільші показники глибини нейтралізації у еталонного складу (0,1-2,0 мм), особливо якщо порівнювати зі складом бетону на модифікованому в'язучому. В умовах впливу повітряно-вологого середовища та водопровідної води спостерігаються окремі локальні пошкодження, а також темні крапки та наліт на поверхні арматури як дослідних бетонах, так і в еталона, що може вважатися початковою стадією корозії. Корозійна втрата ваги арматурою радіаційнозахисних металонасичених бетонів відповідно складає 2,31-2,65 г/см² та 2,45-2,88 г/см². Під дією розчину хлориду натрію арматура дослідних бетонів пошкоджена в більший мірі (3,54-4,18 г/см²), що пов'язано з більш високою агресивністю середовища.

В еталонному складі ці показники складають 3,12; 3,4 та 34,95 г/см² відповідно для середовищ повітряно-вологого, водопровідної води та розчину хлориду натрія, що значно вище ніж у дослідних бетонів. Це пояснюється гіршим захистом арматури портландцементом у порівнянні з модифікованим цементом у випадку застосування в якості заповнювача дисперсного заліза, що пояснюється вищевказаними обставинами.

6. ВИСНОВКИ

Аналіз результатів випробувань показав, що в умовах повітряно-вологого середовища ознак корозії, як металевго заповнювача, так і арматури немає, завдяки захисту їх лужним середовищем бетону. В умовах впливу водопровідної води (підводна частина) є ознаки корозії металевго заповнювача. В середовищі розчину хлориду натрію на поверхні всіх зразків спостерігалися багаточисельні сліди гідроксиду заліза, що свідчить про наявність пошкоджень металевго заповнювача, який виходить до поверхні.

Таким чином, аналіз результатів дослідження показав, що модифікований портландцемент має кращі захисні властивості по відношенню до арматури у порівнянні з портландцементом при використанні в якості заповнювача дисперсного заліза. Встановлені високі показники властивостей розроблених бетонів дозволяють перейти до дослідного використання бетонів у промисловості.

Список літератури

- [1] Романенко І.М., Голюк М.І., Носовський А.В., Гулік В.І. Дослідження нового композитного матеріалу на основі надважких бетонів і базальтової фібри для радіаційного захисту від гамма-випромінювання. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2018. Вип. 1 (77). С. 52-58.
- [2] Gulik, V., Tkaczyk, A. H. (2014), "Cost optimization of ADS design: Comparative study of externally driven heterogeneous and homogeneous two-zone subcritical reactor systems", *Nuclear Engineering and Design*, Iss. 270, pp. 133-142.
- [3] Непийвода А.А. Дрібнозернисті безусадкові бетони на чавунних заповнювачах для захисту від іонізуючого випромінювання: автореф. дис. канд техн. наук. Вінниця, 2010. - 20 с.
- [4] Кривенко П.В., Петропавловський О.М., Ковальчук О.Ю., Хайлин Цзао, Лигуан Венг. Ефективність шлаколуужних бетонів для морських споруд. – Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: ОДАБА, 2019. – Вип. 74. – С. 137-146. ISSN 2415-377X. (Фахове видання) <http://visnyk-odaba.org.ua/2019-74/18.pdf>.
- [5] Киричок В.І., Кривенко П.В., Гузій С.Г. Корозійна стійкість модифікованих гецементів, отриманих за умов нормальних температур. Науково-технічний збірник «Будівельні матеріали, виробі та санітарна техніка». – ДП «НДІБМВ» і НДІВМ КНУБА. – К.: Товариство «Знання», України, 2016. – Вип. 57. – С. 32-40.
- [6] Kryvenko P., Guzii S., Kovalchuk O., Kyrychok V. Sulfate resistance of alkali activated cements. *Materials Science Forum Binders, Materials and Technologies in Modern Construction II*. – Trans Tech Publications, Switzerland, 2016. – Vol. 865. – pp. 95-106. (Scopus).
- [7] ДСТУ Б ГОСТ 27677:2011 Захист від корозії у будівництві. Бетони. Загальні вимоги до проведення випробувань (ГОСТ 27677-88, IDT).