

Проектування складу бетонів, здатних до сорбції та самоочищення

Олександр Ковальчук, канд.техн.наук, с.н.с.^{1,2} (ORCID: 0000-0001-6337-0488), Ігор Папуч, аспірант¹ (ORCID: 0009-0008-4153-3889)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, 03037, пр-т Повітряних Сил, 31, Київ, Україна

² Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів, 03037, пр-т Повітряних Сил, 31, Київ, Україна

АНОТАЦІЯ

Проаналізовано доцільність виготовлення бетонів, здатних до сорбції шкідливих речовин з повітря та самоочищення. Показано, що поєднання підходу використання спеціальних сорбуючих добавок разом із лужними в'язучими речовинами дозволяє отримати матеріали, які повною мірою відповідають реалізації концепції сталого розвитку та найперспективнішими світовим розробкам.

Ключові слова: бетон, самоочищення, будівельні конструкції, сорбція, екологічність

1. ВСТУП

Технології виконання будівельних робіт та технології роблять значний прогрес із кожним роком. З'являються нові, більш ефективні матеріали, які дозволяють повною мірою реалізовувати технічні та естетичні задумки як у екстер'єрі, так і в інтер'єрних роботах.

Водночас, прогрес та розвиток людства також супроводжуються збільшенням індустріалізації суспільства, підвищенням рівня автоматизації, збільшенням кількості виробничих ділянок, і, як наслідок, підвищенням рівня забрудненості навколишнього середовища загалом і повітря зокрема.

Останнім часом значною мірою підвищився рівень захворюваності у суспільстві, викликаний нездоровою атмосферою робочих приміщень, адже одночасно із погіршенням якості повітря з означених причин також суспільство стало проводити більше часу у приміщеннях, зміщуючись від робіт на свіжому повітрі до офісного життя чи роботи на дому.

Таким чином, постає нагальна необхідність підвищення якості повітря в зонах житлових та офісних приміщень. Методи, що застосовуються наразі, не можуть забезпечити ефективної нейтралізації канцерогенних газів, в тому числі, через періодичність дії своєї активної речовини, необхідність втручання людини у процес знезараження повітря та відповідну вартість самого процесу знезараження. Тому є необхідність використання нових, кардинально відмінних підходів до вирішення проблеми.

2. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Потенційним шляхом вирішення поставлених задач є використання матеріалів що здатні до сорбції шкідливих речовин з повітря із наступною їх фіксацією у структурі матеріалу. Проведені дослідження показали [1], найбільш ефективним способом є використання для інтер'єрних робіт або для створення каркасу будівлі таких матеріалів, що здатні ефективно сорбувати канцерогени. В першу чергу, мова йде про застосування ефективних в'язучих речовин [2].

Шкідливі речовини у такому випадку сорбуються штукатурними декоративними покриттями або поверхнею

бетонних конструкцій, закріплюючи шкідливі речовини у структурі самого матеріалу. При цьому, чим більшою буде розвинена поверхня матеріалу, тим ефективнішими будуть сорбуючі властивості. Такі сорбуючі властивості досягаються, як правило, за рахунок використання спеціальних активних добавок, які також можуть мати і декоративні властивості. Водночас, не всі види в'язучих речовин дозволяють використання таких добавок, оскільки останні можуть мати негативний вплив на процеси гідратації та структуроутворення.

Найбільш перспективними матеріалами для створення екологічних декоративних матеріалів є лужні цементи із своїми численними різновидами. Для початкового дослідження «Чистої системи» доцільно досліджувати декоративні та екологічні властивості шлаколузкого цементу, оскільки поєднання екологічності самого такого цементу із додатковими перевагами сорбентів може дозволити отримати унікальні за своїм функціоналом матеріали.

При використанні відбілюючих добавок TiO_2 , каоліну і $CaCO_3$ у складі шлаколузких цементів було отримано білі цементи зі ступенем білизни 70...94%. Але крім декоративних властивостей до таких цементів і матеріалів на їх основі пред'являються вимоги щодо забезпечення необхідних технологічних та експлуатаційних властивостей [4,7]. Встановлено [4,7], що білі шлаколузні цементи мають у віці 28 днів міцність на стиск 49...56,8 МПа. Усі склади білих цементів мають хорошу динаміку твердіння і, виходячи з міцності у віці 2 днів 35...37 МПа, їх можна віднести до швидкотверднучих. Встановлено, що у тривалій перспективі (3 місяці і більше) міцність шлаколузких декоративних цементів практично не відрізняється від контрольних складів і становить 66,5...67,5 МПа [7].

Усі склади шлаколузких декоративних розчинів демонструють високу морозостійкість. Встановлено [7], що втрата їх міцності після 150 циклів заморожування та розморожування (що відповідає марці F200) складає всього 1,73...3,87%, втрати маси відсутні, лущення поверхні не спостерігається.

Усі зразки шлаколузких декоративних розчинів, які містять відбілюючі добавки, успішно пройшли тест на атмосферостійкість [6]. Їх втрати міцності після 100 циклів замочування та висушування склали 6,5...9,2% при допустимих 25% [7].

Таким чином, можна стверджувати, що саме використання матриці шлаколужного цементу дозволить отримати необхідне поєднання декоративних та високоекологічних властивостей матеріалів загальнобудівельного призначення.

3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Аналіз отриманих попередніх результатів засвідчив, що більшість добавок, що сприяють отримання декоративних властивостей матеріалів на цементній основі (мармурове борошно, метаколін, каолін), не володіють сорбуючою здатністю до матеріалів атмосферного забруднення та, відповідно, не можуть забезпечити ефективну сорбцію канцерогенів з повітря. Натомість, добавка гідроксиду титану у певних моментах підвищувала відповідні сорбційні властивості, але такий ефект не мав постійного характеру, що потребувало додаткового вивчення.

Грунтовний аналіз використаних матеріалів та їх властивостей, а також ретельне дослідження літературних джерел дозволило визначити причини такої нелінійності.

Відомо, що диоксид титану здебільшого зустрічається у двох видах – анатаз та рутил. Такі структури можуть бути представлені поодинокі, а можуть зустрічатись в матеріалі одночасно. Більш того, враховуючи той факт, що анатаз є метастабільною речовиною, він здатний до перекристалізації у більш стабільну фазу, тобто у рутил. Проте саме анатаз згідно хімічних довідників має сорбуючі властивості, водночас рутил таких властивостей не має, а використовується лише як джерело білого кольору (так звані, титанові білила). Компонентне співвідношення у складі диоксиду титану різних фаз і обумовлює різні сорбційні властивості матеріалу, наголошуючи на необхідності у виробничому процесі ретельно контролювати склад добавки та створювати такі умови, які запобігатимуть фазовому переходу анатаза у рутил.

Найбільш ефективним шляхом створення таких сорбційних систем є їх розробка на базі лужних в'язучих речовин, оскільки високі сорбційні властивості анатаза, закріпленого у структурі новоутворень лужних цементів, можуть накладатись на природні сорбційні властивості природних молекулярних сит цеолітоподібних новоутворень як продуктів гідратації в'язучої речовини, що може мати синергетичний ефект і мультиплікувати сорбційні властивості як такі.

Також важливим аспектом розробки матеріалів на основі диоксиду титану є той факт, що титанові білила значною мірою забивають будь-який інший колір. Тому, відповідно, потрібно ретельно підбирати склад добавки, мінімізуючи вміст рутила та прагнучи до максимального вмісту фази анатаза. Таким чином можна отримати максимальний екологічний ефект одночасно із наданням високих декоративних властивостей готового матеріалу.

4. ВИСНОВКИ

Отримані результати досліджень дозволяють спрогнозувати високу ефективність застосування бетонів загальнобудівельного призначення, здатних до сорбції шкідливих речовин та самоочищення. Застосування такого підходу дозволить значною мірою покращити екологічність та безпечність зведення сучасних будівель і споруд, а поєднання екологічної ефективності та сорбції із перевагами та екологічним імпаکتотом використання лужних в'язучих речовин роблять такі матеріали надзвичайно ефективними та такими, що відповідають повною мірою цілям концепції сталого розвитку.

Список літератури

- [1] Eco-efficient hybrid cements: Puzzolanic, Mechanical and abrasion properties. Shagnai, S., Ramon, L., Fernandez-Alvarez, M., Bautista, A., Vekasco, F., Torres-Carrasco, M. Appl. Sci., 2020, 8986. [Doi:10.3390/app10248986](https://doi.org/10.3390/app10248986).
- [2] Hybrid cements with very low OPC content. In: Palomo, A., (ed.) Fernández-Jiménez, A., Sobrados, I., Sanz, J. and Palomo, A.: 13th International Congress on the Chemistry of Cement, Madrid, Spain. CD-ROM proceedings. (2011)
- [3] Malviya R. Factors affecting hazardous waste solidification/stabilization: A review / R. Malviya, R. Chaudhary // Journal of Hazardous Materials. – 2006. – Vol. B137. – P. 267–276.
- [4] Kovalchuk O.Yu., Ostrovska L. White and decorative cements based on slag alkali activated binders. 1-st International conference on the chemistry of Construction Materials. October 7-9, 2013, Berlin (Germany). –p. 283.
- [5] Кривенко П.В., Ковальчук О.Ю., Островська Л.М. Вивчення можливості підвищення ступеня білизни шлаколужних цементів. Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка: Науково-технічний збірник – Товариство «Знання» України, 2011р., Випуск 41, -с. 10-14.
- [6] Кривенко П.В., Ковальчук О.Ю. Управління декоративними властивостями лужних цементів. Науковий вісник будівництва. 2019, Т.2, №2(96). Стор. 280-285.
- [7] Кривенко, П., Гоц, В., Гелевера, О., & Рогозіна, Н. (2022). Експлуатаційні характеристики шлаколужних декоративних цементів і розчинів. Будівельні конструкції. Теорія і практика, (10), 124–135. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.10.2022.124-135>