

ЗАСТОСУВАННЯ НАНОЧАСТИНОК ОКСИДУ ТИТАНУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИЛКАТНОГО ПОРИСТОГО БЕТОНУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Нанотехнології знаходять все більше застосування у різних галузях промисловості, і будівельна індустрія не є винятком. Одним із перспективних напрямків є використання наночастинок оксиду титану (TiO_2) для модифікації силкатного пористого бетону (газосилікату). Оксид титану значно покращує фізичні та хімічні властивості бетону, роблячи його більш міцним, довговічним і стійким до агресивних умов навколишнього середовища. Основні переваги використання TiO_2 включають покращення механічних характеристик, створення самоочищувальних поверхонь завдяки фотокаталітичним властивостям, підвищення вогнестійкості та зниження теплопровідності, що робить бетон ефективним теплоізоляційним матеріалом. Крім того, TiO_2 сприяє зниженню екологічного впливу будівельних матеріалів, зменшуючи потребу в хімічних засобах для чищення і сприяючи очищенню повітря. Для досягнення максимального ефекту необхідно враховувати оптимальні концентрації наночастинок та технологічні аспекти їх введення в бетонні суміші. Перспективи використання TiO_2 в будівництві обіцяють значні покращення, однак вимагають подальших досліджень та економічної оцінки доцільності впровадження.

Ключові слова: нанотехнології, оксид титану (TiO_2), силкатний пористий бетон, газосилікат, наночастинок.

Abstract

Nanotechnology is increasingly used in various industries, and the construction industry is no exception. One of the promising directions is the use of nanoparticles of titanium oxide (TiO_2) for the modification of silicate porous concrete (gas silicate). Titanium oxide significantly improves the physical and chemical properties of concrete, making it stronger, durable and resistant to aggressive environmental conditions. The main advantages of using TiO_2 include improved mechanical properties, creation of self-cleaning surfaces due to photocatalytic properties, increased fire resistance and reduced thermal conductivity, making concrete an effective thermal insulation material. In addition, TiO_2 helps reduce the environmental impact of building materials, reducing the need for chemical cleaning agents and helping to purify the air. To achieve the maximum effect, it is necessary to take into account the optimal concentration of nanoparticles and the technological aspects of their introduction into concrete mixtures. The prospects for the use of TiO_2 in construction promise significant improvements, but require further research and an economic evaluation of the feasibility of implementation.

Keywords: nanotechnology, titanium oxide (TiO_2), silicate porous concrete, gas silicate, nanoparticles.

Вступ

Нанотехнології поступово знаходять своє місце в різних галузях промисловості, і будівельна індустрія не є винятком. У рамках удосконалення сучасних будівельних матеріалів, таких як силкатний пористий бетон (газосилікат), використовуються наночастинок, зокрема наночастинок оксиду титану (TiO_2). Оксид титану — це важливий матеріал, який здатен значно змінювати фізичні та хімічні властивості бетонів, роблячи їх більш ефективними, довговічними та стійкими до впливу навколишнього середовища [1]. Застосування TiO_2 в складі бетонних сумішей дозволяє не лише покращити їх механічні характеристики, а й досягти інших позитивних ефектів, таких як самоочищення, поліпшення теплоізоляційних властивостей і навіть підвищення екологічної чистоти матеріалу.

Основна частина

Наночастинок оксиду титану мають низку унікальних властивостей, які роблять їх надзвичайно

корисними для модифікації будівельних матеріалів:

Малий розмір та висока поверхнева активність: Наночастинки TiO_2 мають великий коефіцієнт поверхневого поглинання і можуть активно взаємодіяти з іншими компонентами бетону, покращуючи його структуру [2].

TiO_2 є фотокаталітичним матеріалом, що означає здатність ініціювати хімічні реакції під впливом світла. Це особливо корисно для створення "самоочишувальних" поверхонь, оскільки частки TiO_2 можуть розкласти органічні забруднення під дією ультрафіолетового світла.

Завдяки своїй здатності руйнувати органічні молекули під дією світла, TiO_2 може забезпечити додатковий захист від бактерій та грибків на поверхні матеріалу [3].

Стійкість до агресивних середовищ. Оксид титану є дуже стабільним і інертним матеріалом, що робить бетон з його використанням більш стійким до агресивних хімічних впливів (наприклад, до кислот і солей).

Застосування наночастинок TiO_2 у складі силікатного пористого бетону може суттєво покращити його фізико-механічні характеристики:

Зміцнення структури. Наночастинки TiO_2 допомагають зменшити пористість і збільшити щільність бетону. Це відбувається завдяки здатності TiO_2 взаємодіяти з компонентами бетону на молекулярному рівні, формуючи більш стабільну і міцну структуру.

Введення TiO_2 у склад бетону може збільшити міцність на стиск і зсув. Це дозволяє використовувати газосилікатний бетон для більш відповідальних конструкцій, де потрібні високі показники міцності.

Покращення адгезії з іншими матеріалами. Наночастинки TiO_2 можуть поліпшити взаємодію між цементом та іншими компонентами бетонної суміші (наприклад, піском, вапном), що також сприяє підвищенню загальної міцності [4].

Оксид титану має високу термостійкість, що робить його корисним для покращення вогнестійкості матеріалів, до складу яких він входить. У разі впливу високих температур TiO_2 сприяє зниженню швидкості горіння та утворенню термостійкої оболонки навколо пор в бетоні, що зменшує теплопередачу і збільшує час досягнення критичних температур [5].

Оксид титану має здатність до зниження теплопровідності матеріалів, до складу яких він входить. Для пористих бетонів, які часто використовуються в якості теплоізоляційних матеріалів, це є важливим аспектом. Додавання TiO_2 до складу бетону може підвищити його теплоізоляційні властивості без зниження міцності або довговічності матеріалу. Це дозволяє зменшити витрати на енергозабезпечення будівель і покращити комфорт усередині приміщень [6].

Завдяки своїм властивостям, TiO_2 допомагає знижувати екологічний вплив будівельних матеріалів. Фотокаталітичні властивості оксиду титану сприяють знищенню шкідливих органічних забруднювачів в повітрі, а також допомагають підтримувати чистоту на поверхні матеріалів, що зменшує потребу в використанні хімічних засобів для чищення [7].

Практичні аспекти впровадження наночастинок TiO_2 у виробництво бетону

Для досягнення максимального ефекту від застосування наночастинок TiO_2 в пористому силікатному бетоні необхідно враховувати кілька практичних аспектів:

Технологія введення. Наночастинки TiO_2 можна додавати безпосередньо в бетонну суміш під час її виготовлення, або наносити на поверхню готових конструкцій.

Оптимальні концентрації. Важливо визначити оптимальну концентрацію TiO_2 , оскільки надмірне введення може призвести до змін в інших властивостях бетону, таких як зниження міцності або пористості.

Економічні аспекти. Вартість наночастинок TiO_2 наразі вища за традиційні компоненти бетону, тому для широкого застосування важливо забезпечити економічну доцільність їх використання [8].

Висновки

Застосування наночастинок оксиду титану (TiO_2) для модифікації силікатного пористого бетону відкриває нові можливості для підвищення його властивостей. Використання TiO_2 дозволяє значно покращити механічну міцність, вогнестійкість, фотокаталітичну активність та екологічні характеристики бетону. Ці властивості роблять бетон більш стійким до агресивних зовнішніх

факторів, підвищують довговічність конструкцій і знижують витрати на енергозабезпечення будівель. Перспективи впровадження наночастинок TiO_2 у виробництво бетону є багатообіцяючими, хоча потребують подальших досліджень та оптимізації технологій для досягнення максимальної ефективності та економічної доцільності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hnes L. Theoretical aspects of modern engineering / Hnes L., Kunytskyi S., Medvid S., etc. – International Science Group. – Boston : Primedia eLaunch, 2020. – 356 p.
2. Христич, О. В., Черпаха, Д. В. (2019). Радіозахисний металонасичений бетон поліфункціонального призначення. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. № 2: 37-45.
3. Лемішко, К. К. Жаростійке в'язуче з використанням відходів промисловості. Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, 2019.
4. Hladyshev, D., et al. Prospective directions of scientific research in engineering and agriculture. International Science Group, 2023.
5. Glovyn, N., et al. Technical, agricultural and physical sciences as the main sciences of human development. International Science Group, 2024.
6. Stadnychuk, M. Modified multi-component fast-hardening construction composites. Національний університет "Львівська політехніка", 2021.
7. Сівак, К. К. Модифіковані композиційні швидкотвердіючі бетони для будівництва сучасних автомагістралей. ВНТУ, 2021.
8. Lemeshev, M., K. Sivak, and R. Sivak. "Perspectives on the use of technogenic raw materials in the production of low-clinker composite binders." Technical, agricultural and applied sciences as mechanisms for the development of human self-knowledge: collective monograph. Chap. 1.3: 30-39. (2024).

Сівак Катерина Костянтинівна – аспірант кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: lemishko.katya@gmail.com

Sivak Katerina – PhD student of the Department of Life, Municipality and Architecture, Vinnitsa National Technical University, Vinnitsa, e-mail: lemishko.katya@gmail.com