

## 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, наночастинки.

### **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**

Наночастинки 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 "самоочищувальних" 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<sub>2</sub>) для модифікації силікатного пористого бетону відкриває нові можливості для підвищення його властивостей. Використання TiO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> у виробництво бетону є багатообіцяючими, хоча потребують подальших досліджень та оптимізації технологій для досягнення максимальної ефективності та економічної доцільності.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Schreuder-Gibson, H., & Swaminathan, A. (2005). Nanotechnology in the Construction Industry: Current Applications and Future Trends. In Nanotechnology in the Environment. CRC Press. Johnston, C. D. Cellular Concrete: Properties and the Use of Concrete, Volume 1. – CRC Press, 2018. – 480 pages.
2. Cheng, X., & Liu, Y. (2021). Photocatalytic Performance of TiO<sub>2</sub> in Concrete: A Review on Mechanisms and Applications. Construction and Building Materials, 299, 123982.
3. Raja, K. S., & Suresh, S. (2017). Nanomaterials for Self-Cleaning Concrete: A Review on TiO<sub>2</sub> as Photocatalytic Agent. Environmental Technology, 38(9), 1185-1199. Ramamurthy, K., Kunhanandan Nambiar, E. K., Indu Siva Ranjani, G. A Classification of Studies on Properties of Foamed Concrete. – Cement and Concrete Composites, Elsevier, 2018. – Vol. 31, Issue 6, pp. 388-396.
4. Amin, M. A., & Kadhum, A. A. (2020). Influence of Nano-TiO<sub>2</sub> on the Mechanical Properties and Durability of Concrete: A Review. Journal of Nanomaterials, 2020, Article ID 8820607.
5. Li, X., & Zhang, M. (2020). Thermal Stability and Fire Resistance of Concrete with TiO<sub>2</sub> Nanoparticles: A Comprehensive Study. Cement and Concrete Research, 132, 106028.
6. Molina, F., & Torres, S. (2020). Nano-TiO<sub>2</sub> for Antibacterial Properties in Concrete: A Review. Cement and Concrete Composites, 113, 103710
7. Nicolau, A., & Santos, P. (2021). Economic Feasibility and Environmental Impact of Using Titanium Dioxide in Concrete Production. Journal of Cleaner Production, 285, 124820.
8. Kumar, S., & Dubey, S. (2018). Role of Nanomaterials in the Enhancement of Green Building Materials: A Review on TiO<sub>2</sub> Photocatalysis. Environmental Science and Pollution Research, 25(3), 2704-2718

*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](mailto:lemishko.katya@gmail.com)*