

ГЕОПОЛІМЕРИ – СУЧАСНІ ІННОВАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Геополімер - це матеріал, який формується хімічною реакцією між мінеральними сировинами та лужним активатором. Основними складовими геополімерів є різні типи пилу, відходи або природні мінерали, такі як зола від вугільної електростанції, метакаолін, та інші.

Геополімери можна класифікувати на дві великі групи: чисті неорганічні геополімери та органічні геополімери, синтетичні аналоги природних макромолекул. Геополімер – це, по суті, мінеральна хімічна сполука або суміш сполук, що складаються з повторюваних одиниць, наприклад, оксид кремнію (-Si-O-Si-O-), алюмінат кремнію (-Si-O-Al-O-), ферросилікоалюмінат (-Fe-O-Si-O-Al-O-) або алюмофосфат (-Al-O-P-O-), створений за допомогою процесу геополімеризації. Геополімеризація - це процес формування полімерних матеріалів з неорганічних сполук, таких як силікати та алюмосилікати, за допомогою хімічних реакцій.

Основні принципи формування геополімерів:

Геополімери формуються за допомогою хімічних реакцій між прекурсорами. Прекурсори - це хімічні речовини з низьким вмістом води, такі як металеві оксиди та кислоти. Для ініціації полімеризації використовують активатори, які зазвичай є лугами, такими як натрій або калій гідроксид. Вони взаємодіють з прекурсорами та сприяють утворенню полімерних ланцюгів. Геополімеризація відбувається при температурі навколишнього середовища або злегка підвищеній температурі, коли вилугування твердої алюмосилікатної сировини в лужних розчинах призводить до перенесення вилужених частинок з твердих поверхонь у зростаючу гелеву фазу з подальшим зародженням і конденсацією гелевої фази з утворенням твердої речовини. Висока температура сприяє активізації хімічних реакцій та полімеризації. Полімеризація геополімерів може займати від годин до декількох днів. Час реакції впливає на міцність та інші властивості утвореного матеріалу.

Клас геополімерних матеріалів, включає:

- Геополімерне в'язуче на основі метакаоліну МК-750
хімічна формула (Na,K)-(Si-O-Al-O-Si-O-), співвідношення Si:Al=2 (діапазон від 1,5 до 2,5)
- Геополімерне сполучне на основі кремнезему
хімічна формула (Na,K)-n(Si-O)-(Si-O-Al-), співвідношення Si:Al>20 (діапазон від 15 до 40).
- Геополімерне в'язуче на золь-гелевій основі (синтетичне МК-750)
хімічна формула (Na,K)-(Si-O-Al-O-Si-O-), співвідношення Si:Al=2

Існує широкий спектр потенційних і вже існуючих застосувань. Деякі з застосувань геополімерів все ще знаходяться в розробці, тоді як інші вже індустріалізовані та комерціалізовані. Вони поділяються на три основні категорії:

Геополімерні смоли та в'язучі:

- Вогнестійкі матеріали, теплоізоляція, піни;
- Низькоенергетична керамічна плитка, вогнетривкі вироби, термоударні вогнетриви;
- Високотехнологічні смоляні системи, фарби, в'язучі речовини та розчини;
- Біотехнології (матеріали для медичного застосування);
- Ливарна промисловість (смоли), інструмент для виробництва органічних волокнистих композитів;
- Композитні матеріали для ремонту та зміцнення інфраструктури, вогнестійкі та жароміцні високотехнологічні вуглеволоконні композити для інтер'єру літаків та автомобілів;
- Контейнери радіоактивних і токсичних відходів;

Геополімерні цементи та бетони

- Низькотехнологічні будівельні матеріали (глиняна цегла);
- Цементи та бетони з низьким вмістом CO₂.

Мистецтво та археологія

- Вироби з декоративного каменю, мистецтва та декору;
- Культурна спадщина, археологія та історія наук.

Вплив на навколишнє середовище:

Геополімери є інноваційним матеріалом, який може сприяти вирішенню проблем забруднення навколишнього середовища.

Використання відходів: Геополімери можуть бути вироблені з різних відходів, таких як попіл від теплових електростанцій, металургійні відходи чи рудні відходи. Це дозволяє зменшити кількість сміття та вторинних ресурсів, сприяючи одночасно вирішенню проблеми забруднення.

Низький викид CO₂: Геополімери виробляють менше вуглекислого газу порівняно з традиційними цементними матеріалами. Процес виробництва геополімерів може бути менш енергоефективним та менш викидати CO₂, що сприяє зменшенню негативного впливу на клімат.

Висока міцність та тривалий термін служби: Збільшення тривалості служби будівельних конструкцій допомагає зменшити потребу в їх реконструкції та відновленні, що в свою чергу зменшує використання ресурсів та генерацію відходів.

Зменшення ерозії ґрунту: Геополімери можуть бути використані для створення стійких до ерозії покриттів на ґрунті. Це може допомогти у збереженні ґрунту та уникненні проблем ерозії, які можуть призвести до забруднення водою та втрати родючості ґрунту.

Використання у водному господарстві: Геополімери використовують для створення матеріалів для очищення води, а також для створення бар'єрів для управління забрудненням водою.

Загальний внесок геополімерів у вирішенні екологічних проблем полягає у їхній інертності в навколишньому середовищі, зниженні викидів CO₂, використанні вторинних ресурсів та покращенні тривалості служби інфраструктури, що може призвести до зменшення екологічного впливу наших будівельних та інфраструктурних проєктів.

Список літератури:

1. Kim, D.; Lai, H.T.; Chilingar, G.V.; Yen T.F. (2006), Geopolymer formation and its unique properties, *Environ. Geol.*, 51[1], 103–111.
2. Feng, Dingwu; Provis, John L. and van Deventer, Jannie S. J. (2012) (University of Melbourne, Australia), Thermal Activation of Albite for the Synthesis of One-Part Mix Geopolymers, *J. Am. Ceram. Soc.*, 95 [2] 565–572.
3. Chapters 8, 11, 20 in J. Davidovits' book *Geopolymer Chemistry and Applications*.
4. Шамрай В.І., Мельник-Шамрай В.В., Темченко А.Г., Махно А.М., Ігнатюк Р.М. Дослідження якісних властивостей відходів каменевидобування та каменеобробки з метою їх використання як сировини для виготовлення геополімерного бетону. *Технічна інженерія*. 2023. Вип. 1(91). С. 385–397. [https://doi.org/10.26642/ten-2023-1\(91\)-385-397](https://doi.org/10.26642/ten-2023-1(91)-385-397)
5. Lozano-Lunar, A. and Dubchenko, I. and Bashynskyi, S. and Rodero, A. and Fernández, J. M. and Jiménez, J. R. Performance of self-compacting mortars with granite sludge as aggregate. *Construction and Building Materials*. Vol. 251. 10 August 2020, Article number 118998