

УДК 691

Саїтова О.О., студ. гр. БДб-12-1, ДВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ В БУДІВЕЛЬНІЙ ІНДУСТРІЇ

За останні десятиліття людство здійснило великий переворот в різних галузях науки та техніки. Завдяки цим знанням, отриманим в тій чи іншій галузі, лікуються тяжкі захворювання та проводяться надзвичайно складні операції, будуються будівлі надзвичайних висот, які відзначаються оригінальністю форм і конструктивних рішень і т.п. Завдяки появі таких технологій з'являються нові науки та дивовижні розробки науковців.

В будівельній індустрії нашої країни новітні технології нажалі не широко застосовується, можна сказати, що практично не використовуються. Введення новітніх технологій відкриє широкий спектр можливостей для будівельників, архітекторів та проектувальників.

На сьогоднішній день в Україні виготовлення звичайного бетону зростає. Бетон – це штучний матеріал. Він утворюється з раціонально підбраної суміші в'язучого, води та заповнювачів, яка з часом переходить з пластичного стану в кам'яний. Для приготування бетонної суміші потрібно підібрати великі та мілкі заповнювачі. Добування щебеню веде за собою утворення великої кількості відходів, появи непридатних до користування земель, та величезні кар'єрні виробки. Приголомшуючим фактом є те, що більшість видобутого щебеню йде за кордон. Тобто ми псуємо наші землі на потреби експорту.

Таким чином, потрібен принципово новий підхід виробництва будівельних матеріалів, які будуть забезпечувати усі необхідні властивості, але при мінімальному впливі на екосистему.

Аналіз досліджень в галузях нанотехнологій. Останнім часом приділяється велика увага в дослідженні частинок у розмірі декількох нанометрів. Це викликано тим, що принципова відмінність колоїдних систем, до яких належить кров людини, лімфа, молекули ДНК, хмари, клітини, з яких складаються мікропроцеси у природі, полягає у тому, що поверхня таких частинок в мільйони разів перевершує їх обсяг. Як правило такі ефекти починають відігравати значну роль тоді, коли розмір частинок лежить у діапазоні 1-100 нанометрів, звідси прийшло заміщення слова колоїдна фізика, хімія, біологія на нанонауки і нанотехнології, маючи на увазі розмір об'єктів.

Властивості ноносистем багато в чому відрізняються від макрооб'єктів, що складаються з тих самих молекул та атомів. Наприклад, наночастки платини (Pt) набагато ефективніше очищають автомобільні вихлопи від токсичних забруднювачів, ніж звичні платинові каталізатори. Одношарові і багатшарові графітні циліндри нанометрової товщини, так звані вуглецеві нанотрубки,

прекрасно проводять електрику і тому можуть стати заміною мідним дротам. Нанотрубки також дозволяють створювати композитні матеріали виняткової міцності і принципово нові напівпровідникові і оптоелектронні пристрої.

Нанотехнології вже зараз широко використовують в різних сферах, таких як: медицина, біотехнології, електроніка та інформаційні технології, військове постачання, екологія, сільське господарство, енергетика, будівництво

Ще одним з досягнень в цій галузі стало створення нових, штучних, наноматеріалів, що, розроблені на основі наночастинок з унікальними характеристиками. На цей час отримано такі наноматеріали, як вуглецеві нанотрубки, фулерени, графени, нанокристали, аерогели, наноаккумулятори, нанобетони. Вуглецеві нанотрубки це протяжні циліндричні структури діаметром від одного до декількох десятків нанометрів і завдовжки до декількох мікрон, що складаються з однієї або декількох згорнутих в трубку гексальних графітових площин (графенів) і закінчуються зазвичай півсферичною головкою. Основними властивостями вуглецевих нанотрубок є:

1. Міцність. Вуглецеві нанотрубки дуже міцні як на розтяг, так і на згин – модуль пружності вздовж осі трубки становить 7000 ГПа, тоді як для легованої сталі 200 ГПа і найдружнішого металу ітрію 520 ГПа.

2. Абсорбція газу нанотрубками може відбуватися на їх зовнішніх і внутрішніх поверхнях, а також у міжтрубному просторі.

3. Електропровідність вуглецевих нанотрубок є ключовим параметром цих об'єктів, від неї залежить їх подальше використання з метою мініатюризації приладів мікроелектроніки.

Сфери, в яких застосовуються вуглецеві нанотрубки вражають своєю численністю та різноманітністю. Можна вважати, що нанотрубки з часом стануть універсальним матеріалом в побудові багатьох об'єктів.

- Фулерени або бакибол(C_{60}) — молекулярні сполуки, що належать класу аллотропних форм вуглецю, і які становлять опуклі замкнені багатогранники, складені з парного числа трохкоординатних атомів вуглецю.

Фулерен – винятково стійка сполука. У кристалічному вигляді він не реагує з киснем повітря, стійкий до дії кислот і лугів, не плавиться до температури $360^{\circ}C$.

- Графен — одна з алотропних форм вуглецю, моноатомний шар атомів вуглецю гексагональною структурою.

Графен схожий за своєю будовою на окремий атомний шар у структурі графіту – атоми вуглецю утворюють стільникову структуру з міжатомною відстанню 0,142 нм. Графен можна уявити у вигляді «розгорнутої» вуглецевої трубки. Підвищена мобільність електронів переводить його в розряд найперспективніших матеріалів для наноелектроніки.

- Нанокристал – окремий однорідний кристал, який має непереривну кристалічну решітку, що характеризується анізотропними властивостями і має розміри менше ніж 100 нм.

- Аерогель – клас матеріалів, що представляють собою гель, у якому рідка фаза повністю заміщена газоподібною. Такі матеріали мають рекордно низьку густину і демонструють низку унікальних властивостей: твердість, прозорість, жароміцність тощо. За структурою аерогелі представляють собою деревовидну мережу з об’єднаних у кластери наночастинок розміром 2-5 нм і розмірами 100нм.

- Наноаккумулятори - це аккумулятори, що використовують технологію нанопластин (менше 100 нм.). Переваги наноаккумулятора: набагато швидший час зарядки аккумулятора; набагато сильніше напруження, и значно збільшена густина заряду; менша вага самого пристрою; більший термін експлуатації.

- Нанобетон – це бетон, додаткову структуру якого, на відміну від звичайного, утворюють наночастини.

Нанобетон. Останнє десятиріччя в сфері будівництва характеризується значним розвитком та досягненням. Висотне будівництво з новітніми архітектурними та конструктивними рішеннями, сучасне покриття доріг і аеродромів, мостобудування потребують все більше нових ефективних високоякісних бетонів з покращеними експлуатаційними властивостями та мінімальний впливом на забруднення навколишнього середовища. Одним з інноваційних відкриттів у цьому напрямі став нанобетон. Нанобетон – бетон, розроблений із застосуванням нанотехнологій. Спеціальні добавки — так звані наноініціатори — істотно поліпшують його фізичні властивості.

Нанобетон, як і звичайний бетон, у своєму складі має мінеральне в’язуче, заповнювач та воду, але крім цього замість пластифікаторів застосовуються наноініціатори, що являють собою мікроскопічні трубочки. Діаметр цих нанотрубок – всього лиш декілька мікрон, але їх міцність більша 100 ГПа. Однією з їхніх переваг є не вступання в реакцію з кислотами та лугами. Коли наноініціатори взаємодіють з цементом, вони кристалізуються, армуючи бетон и на молекулярному рівні змінюють його структуру.

Нанобетон стійкий до високих температур (до 800°C), механічна міцність на 150% вища за міцність звичайного, морозостійкість вища на 50%, а ймовірність появи тріщин утрічі нижча. Вага конструкції, виготовленої з такого бетону, знижується приблизно у шестеро.

Вперше нанобетон було розроблено в 1993 році петербурзьким вченим Андрієм Пономарьовим та групою вчених з різних міст. Зараз у проекті бере участь московський «Наноцентр» МЕІ, ТОВ «Нанотроніка», НВО «Синтетика-Лад» з Новочеркаська, НТЦ «Прикладні технології» із Санкт-Петербурга.

Існують також розробки нанобетону на Заході, але на цей час тільки російський нанобетон можна використовуватися для відновлення будівель та споруд.

Крім цього, нанобетон, що виробляється в Росії, при нанесенні на залізобетонну конструкцію має здатність заповнювати тріщини і мікропори, при цьому даний матеріал полімерезується і підвищує міцність конструкції.

Також наноматеріал може вступати в реакцію з корозійним шаром та відновити щеплення з бетоном.

Виділяють три види нанобетону:

1. Легкий нанобетон рекомендується для використання при будівництві невеликих приватних будинків, для створення міжкімнатних перегородок і інших не несучих конструкцій.

2. Нанобетон середньої міцності застосовують при будівництві об'єктів, до яких висовуються вимоги підвищеної міцності (мости, дорожні та аеродромні покриття і т.п.).

3. Нанобетон високої міцності використовують для будівництва несучих конструкцій в житлових будинках, комерційних будівлях, в спорудах промислового сільськогосподарського призначення (облаштування ліфтових шахт, виготовлення балок, ферм та ін.).

Характеристика легкого нанобетону наведені у таблиці 1

Таблиця 1.

Характеристика легкого бетону

№ п/п	Властивості	Числові значення
1	Густина	1,2-1,6 т/м ³
2	Міцність на згин	4-8 МПа
3	Міцність на стиск	30-60 МПа
4	Водонепроникність	W20
5	Водопоглинання	не більше 0,4%
6	Теплопровідність	менше 0,2-0,4 Вт/(м*К)
7	Морозостійкість	F300-F350
8	Вогнестійкість	більше 780°C

Особливістю наноструктурованих бетонів є введення в склад бетону та цементних розчинів нанодобавок. Нонадисперсні наповнювачі є високоточними мінеральними речовинами, які формують адгезійну міцність в цементному камені, і підвищують довговічність бетону, морозостійкість, водонепроникність та інші фізико-механічні властивості. Щоб досягти таких властивостей додають такі речовини, як:

- наночастинки діоксиду кремнію (SiO₂), що при їх нанесенні на будь-який матеріал, приєднуються до його молекул і надають поверхні здатність відштовхувати бруд та воду.

- наночастинки оксиду цинка (ZnO) надають можливість нанобетонам поглинати широкий спектр електромагнітного випромінювання, включаючи ультрафіолетове, інфрачервоне, мікрохвильове та радіочастотне.

- наночастинки срібла надають бактерицидну та антивірусну активність, мають високу електропровідність.

- природні фулерени типу шунгіту

- серпентинові і магнезіальні породи: а) хризотил - $Mg_6(OH)_8Si_4O_{10}$; б) антігорит - $Mg_3(OH)_4Si_2O_5$, головними технічними властивостями яких є висока міцність на розтяг, еластичність, вогнестійкість.

- Таурит – новий казахстанський мінерал, який являє собою полімер кластерного типу, що має в своїй структурі яка органічну, так і мінеральну частину і не схожий на вже відомі вуглецевмістні мінерали. В будівельній індустрії застосування таурит, як мінеральний пігмент та наповнювач у виробництві різних будівельних матеріалів.

- Діоксиди металів, які представляють собою перше покоління продуктів з використанням нанотехнологій, освоєних промисловістю, наприклад, вуглецеві нанотрубок, наночастинки діоксиду титана (TiO_2)

Одним з найголовніших питань при розробці концепції нанобетона це зменшення впливу на екосистему. Адже при будівництві звичайним бетоном забруднюються ґрунтові води, повітря та ґрунт. Основні компоненти, що використовуються для виготовлення такого бетону отримуються після переробки відходів промисловості, а також подрібнені вихідні матеріали та сировина. Порівняльний аналіз екологічної характеристики найбільш поширених будівельних матеріалів і наноматеріалів показав, що нанобетон і нановолокно безпечні при дотриманні правил безпеки.

Так, приміром, можна розглянути використання вуглецевих нанотрубок фуллероїдного типу – астралени. В якості нанотрубок можна використовувати хімічну переробку шламу, неутилізуючі відходи промислового виробництва ацителена каталітичного піролізу природного газу, вапняку і навіть лушпиння рису. Завдяки введенню астраленів до бетонної суміші навіть в незначній кількості приводить до росту в складі цементного каменю протяжністю структур довжиною в сотні мкм. Наявність таких утворень є мікродисперсним армуванням, що призводить до відповідного зміцнення бетону. Тобто, крім забезпечення екологічної стабільності, отримується також високоміцний бетон.

Конструкції з нанобетону. Нанобетон широко використовується для будівництва та реконструкції об'єктів. Зараз його застосування є одним із пріоритетних завдань для будівельних та конструкторів.

Одним з перших застосувань в Росії було покриття старого мосту через Волгу нанобетоном. Для реконструкції було прийняте рішення про використання легкого конструктивного нанобетону з відмовленням від виконання гідроізоляції, що було величезним експериментом. Міст був введений експлуатацію в кінці 2007 року.

Цей випадок дав можливість продовжувати роботу по вдосконаленню технології легкого нанобетону та розширити спектр його застосування. Також було поставлене питання про створення виробництва комплексних сухих добавок, дозволяючи використовувати багатоконпонентні комплексні добавки в умовах стандартних бетонних заводів. Для цього було спроектовано и виготовлена спеціалізована лінія, що виробляла до 800 тон добавок на місяць.

Лінія була запущена з 2008 року. Це дозволило перейти до планування таких об'єктів, як реконструйований міст через річку Вятка (Росія).

Один з об'єктів із нанобетона, який сколихнув світ був висячий міст Акасі-Кайке в Японії. Для його будівництва був виготовлений спеціальний вид нанобетону. Він не тільки виявив свої унікальні властивості, а й став економічно вигідним. Що говорить про доцільність застосування цього матеріалу в широких межах.

Основними показниками доцільності використання нанобетону є будівельні конструкції, які пройшли перевірку часом. Перші будівлі з його використанням були побудовані більше 20 років тому і зараз вони мають мінімальне зношування і не потребують ремонту.

На сьогоднішній день ведуться активні роботи по вдосконаленню структури нанобетону, що дає можливість заміни традиційних будівельних матеріалів у всіх сферах будівельної індустрії.

Таким чином, навий наноструктурований бетон значно розширить сферу застосування свого звичайного аналога, що обумовлено його експлуатаційними властивостями, які є актуальними і потрібними на сьогоднішній день.

Висновки:

1. Нанотехнології – це глобальний прорив в науковій та технічній сферах. Його застосування дозволить розширити можливості в різних галузях використання.
2. Наноматеріали – це матеріали, що мають унікальні властивості, які дозволяють на нано рівні впливати на властивості компонентів.
3. Нанобетон – це бетон зі спеціальними нанодобавками, що істотно поліпшують його фізико-хімічні властивості.