

ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

УДК 62-4:621.81:621.89

С.В. Воронін, д-р. техн. наук
Український державний університет
залізничного транспорту

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ НА ТРАНСПОРТІ

Ключем до суттєвого ресурсозбереження на транспорті в найближчій перспективі стануть *нанотехнології*, створені на основі невивчених раніше явищ та закономірностей, які протікають на атомно-молекулярному рівні у речовинах та вузлах технічних систем. Головна роль тут відводиться *розмірному ефекту* та його впливу на властивості матеріальних об'єктів і механізми їх взаємодії. Враховуючи особливості прояву розмірних ефектів, на транспорті можуть використовуватися різні за призначенням нанотехнології. Наведемо деякі їх приклади.

Електричне обладнання та радіоелектроніка. Зменшення розмірів компонентів традиційно досягається за рахунок збільшення щільності розташування логічних елементів на кристалі – підложці. Сьогодні головним способом виготовлення мікропроцесорів є фотолітографія, при якій мініатюризація досягається підвищенням роздільної здатності. Так, компанія Intel використовує літографію з роздільною здатністю 130 нм, 65 нм, 43 нм, при цьому на кремнієвій підложці розміщуються сотні мільйонів транзисторів. Успіхи цієї відомої технології вражають, однак її важко віднести до нанотехнологій, оскільки в ній реалізується підхід «зверху – вниз», а сама вона має фізичне обмеження по довжині хвилі використовуваного світла.

Більш перспективними технологіями виготовлення мікросхем є застосування напівпровідникових наночастинок і їх кластерів в якості транзисторів, наприклад, польові транзистори на основі однієї нанотрубки діаметром 1 нм.

При незначній напрузі на затворі – кремнієвій підложці електропровідність вуглецевої нанотрубки змінюється більше ніж у 10^6 разів. Такі електричні властивості дозволяють, згідно прогнозних розрахунків, досягнути тактової частоти близько 1 ТГц.

Конструкційні матеріали. Нанотехнології сприятимуть створенню нових матеріалів. В першу чергу це відноситься до застосування *металевих та вуглецевих нанокластерів* в якості *легуючих елементів*. Так, згідно досліджень Дженерал Моторс, додавання 11,5 % *вуглецевих нанотрубок* до поліпропілену призводить до збільшення його міцності на розрив вдвічі. Дослідження Токійського університету показали, що додавання 5 % нанотрубок до алюмінію також збільшує його міцність на розрив вдвічі. Теоретичні розрахунки показують прогнозоване збільшення міцності сталей та сплавів до 6 разів при додаванні до них близько 10 % вуглецевих нанотрубок. Такі ефекти пов'язані із специфічними властивостями вуглецевих нанотрубок. Вже достовірно встановлено, що модуль Юнга цих трубок коливається в межах $1,2 \dots 1,8 \cdot 10^{12}$ Па, в той час як для сталі він складає близько $0,21 \cdot 10^{12}$ Па. В той же час границя міцності вуглецевих нанотрубок складає $45 \cdot 10^9$ Па, що у 20 разів більше, ніж у сталі – $2 \cdot 10^9$ Па. Крім того, вуглецеві трубки при діаметрі 10 нм та довжині 100 мкм легко гнуться та повертаються у початкову форму при знятті навантаження. Вони практично не підлягають втомному руйнуванню внаслідок відсутності дефектів решітки, а також здатності вуглецевого зв'язку перегибридизуватись при згині.

Антифрикційні та мастильні матеріали. Процеси тертя і зношування є невід'ємними складовими при роботі транспортних засобів. Удосконалення методів отримання нанокластерів розкриває перспективу їх використання при виготовленні твердих *антифрикційних матеріалів*. Сьогодні з'являється можливість використання вуглецевих та неуглецевих *нанокластерів* в якості *легуючої добавки* до металевих або композиційних антифрикційних матеріалів підшипників ковзання, направляючих опір. Очікуваними

ефектами є суттєве зменшення тертя та зношування в опорах ковзання.

Застосування нанотехнологій для покращення якості мастильних матеріалів може лежати як мінімум у двох площинах.

По-перше, це використання вуглецевих та невуглецевих *нанокластерів* в якості функціональних *добавок*. Згідно існуючих досліджень, використання вуглецевих фулеренів та наночастинок графіту, що містяться в фулереновій сажі, в якості добавки до пластичного мастила Солідол Ж і Літол – 24 в кількості 1...5 % зменшує коефіцієнт тертя сталевих зразків до 2 разів та інтенсивність зношування до 2,5 разів.

По-друге, використання *в якості присадок* речовин, що утворюють в об'ємі базової оливи *зародки рідких кристалів* нанометрових розмірів. Враховуючи розмірний ефект посилення поверхневої активності, такі рідкокристалічні агрегати формують на поверхнях тертя кристалічний шар підвищеної товщини та несучої здатності. Крім того, такий шар має змінний по товщині коефіцієнт тертя, що робить можливим керувати тертям у з'єднаннях, залежно від зовнішнього навантаження. Проведеними дослідженнями встановлено, що при застосуванні рідкокристалічних присадок можна досягти зменшення коефіцієнту тертя до 3 разів та інтенсивності зношування до 10 разів.

Феромагнітні рідини. Це особливий клас рідин, які являють собою колоїдні розчини магнітних частинок нанометрового діапазону, вкритих шаром поверхнево-активних речовин, в очищеній вуглеводневій рідині. Наночастинки уявляють собою однодоменні магніти, орієновані в об'ємі хаотично, тобто загальний магнітний момент рідини дорівнює нулю. При накладенні зовнішнього магнітного поля на об'єм рідини, магнітні моменти окремих частинок повертаються за вектором поля, а рідина намагнічується по всьому об'єму. Особливістю феромагнітної рідини є суттєва зміна механічних властивостей (в'язкість, текучість) в залежності від напруженості поля, концентрації

та розмірів наночастинок. По мірі зростання зовнішнього магнітного поля рідина набуває властивостей рідкого кристалу.

В засобах транспорту *ферромагнітні рідини* можуть бути застосовані в якості ущільнень прецизійних рухомих з'єднань, а також в якості робочого тіла в гідромурфтах та гідротрансформаторах. В цих вузлах використання ферромагнітної рідини дозволить реалізувати плавність та керуваність передачі крутного моменту та швидкості, а також зменшити тепловиділення та підвищити довговічність елементів. Слід відзначити, що певні роботи в цій галузі вже проведені, однак в них використовуються не наночастинки а частинки мікрометрового діапазону.

Нетрадиційні джерела енергії. Ця галузь, можливо, є найперспективнішою з точки зору застосування нанотехнологій для ресурсозбереження в транспортній галузі. Однак, до сьогодні, технології отримання та застосування нетрадиційних джерел енергії на транспорті практично не використовуються. Виключення складають лише окремі засоби рекуперації енергії та деякі приклади застосування сонячних батарей та повітряних генераторів. Не зважаючи на досить повільне впровадження нанотехнологій в цьому напрямку, в світі проводяться численні дослідження які підтверджують можливість отримання дешевих та, головне, відновлюваних джерел енергії. Такі дослідження можна умовно розділити на два напрями: 1) – розробка та удосконалення технологій перетворення енергії відновлюваних або невичерпаних джерел (сонячна енергія, енергія вітру та морських приливів, тепла енергія Землі); 2) – створення нових видів палива та засобів їх зберігання.

В першому напрямі актуальними є технології створення напівпровідникових гетероструктур на основі квантових точок та дотів. Використання таких структур в сонячних батареях дозволило отримати рекордні значення коефіцієнтів корисної дії при перетворенні сонячної енергії в електричну. Найбільший вклад в розвиток цього напрямку внесений російським вченим Ж. Алфьоровим, який у 2000

році отримав Нобелівську премію з фізики за відкриття та розвиток оптичних та мікроелектронних компонентів на базі напівпровідникових гетероструктур. Крім вказаних перетворювачів, нанотехнології можуть бути використані для створення ефективних акумуляторних батарей. Тут можливе застосування вуглецевих нанотрубок для зберігання носіїв заряду, наприклад атомів літію. Згідно розрахунків, в трубці можна розташувати один атом літію на кожні шість атомів вуглецю, що забезпечить високу щільність носіїв заряду в батареї.

Нанотехнології в другому напрямі використовуються, головним чином, для зберігання альтернативних видів палива, таких як водень. Тут також можуть бути використані одношарові вуглецеві нанотрубки, як надміцні матеріали. Технології заповнення нанотрубок воднем вже існують, що дозволить в найближчому майбутньому розробляти ефективні джерела електричної енергії для транспортних засобів.

Наведений перелік прикладів є далеко не вичерпаним, він лише надає початкову уяву про можливості застосування нанотехнологій на транспорті.

УДК 681.527.3

Г.Г. Кузнецов, канд. техн. наук
ООО «НОК Интернешнл»

ТЕНДЕНЦИИ ПОЗИТИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА РЫНКЕ ПОДШИПНИКОВ ПРЕМИУМ-КАЧЕСТВА

Компания НОК Интернешнл в 1996 году, первой в СНГ представила на рынке высококачественные подшипники мирового лидера в этой отрасли SKF (Швеция, история – более 100 лет), а затем в течение последующих двадцати лет стала экспертом в отрасли и представляет на рынке Украины более двадцати торговых марок известных и не