

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

*XI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
117-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)*

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

*22-23 лютого 2024 року
м. Київ*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 117-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 22-23 лют. 2024 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2024. 505 с.

Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference dedicated to the 117th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 22–23, 2024, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2024. 505 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

УДК 631.3.02.539.51

ВИКОРИСТАННЯ НАНОКРИСТАЛІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ І НАНОКОМПОЗИТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ МАШИН АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

М. І. ДЕНИСЕНКО, канд. техн. наук, доцент
ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України»

О. С. ДЕВ'ЯТКО, канд. техн. наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: mdenisenko317@gmail.com

Нанотехнологія (nanotechnology) – це сукупність методів і засобів, що забезпечують створення структур з типовими розмірами від одиниць до сотень нанометрів ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$, $= 10^{-6} \text{ мм}$, $= 10^{-3} \text{ мкм}$), а також матеріалів і функціональних систем на їх основі. Англomовний термін «nanotechnology» було запропоновано японським професором Норіо Танігучі у 1974 році, і вперше використано ним у доповіді «Про основні принципи нанотехнології» [1] на Міжнародній конференції. Перетворення матеріалів у наноструктурний стан призводить до суттєвого зростання їх поверхневої міцності. Основними видами нано структурних матеріалів являються нано кристалічні і нано композиційні матеріали. З них виготовляють деталі машин, що працюють в умовах значних механічних навантажень.

У нанотехнологіях розрізняють два основних підходи, що дозволяють формувати наноструктури. Ці технології, побудовані на принципі «зверху – вниз», і технології, розроблені за принципом «знизу – верх». Принцип «зверху – вниз» (**top-down-approach**) припускає створення структур необхідної геометрії, та розміру шляхом вибіркового видалення матеріалу, раніше нанесеного на підкладку. Альтернативний принцип «знизу-верх» (**bottom-up-approach**) припускає формування потрібних структур шляхом селективного осадження атомів і молекул на заданих ділянках поверхні підкладки. Важливою відміною особливістю нано метрового масштабу є здатність молекул само організовуватися у структури різного функціонального призначення, а також утворювати структури, собі подібних ефект самореплікації.

Методами так званого механо синтезу реалізуються нові, не мають аналогів, молекулярні з'єднання. Проведені експерименти, у котрих тисячі і десятки тисяч молекул з'єднуються у кристали, що мають на початку задані властивості, котрі не зустрічаються у природних матеріалів. Сьогодні нанотехнології являються одними із самих стрімко розвинутих науково-технічних напрямків. У їх розвиток вкладаються значні фінансові кошти. Безумовними лідерами у сфері нанотехнологій являються США, країни Європейського Союзу, Японія, активно поширюють дослідження та розробки у цьому напрямку Китай, Індія, Південна Корея, Бразилія.

В останні роки зростає інтерес до наноматеріалів і нанотехнологій. При переході до нанометрового розміру, матеріали починають змінювати свої фундаментальні властивості. Це відбувається від зміни співвідношення поверхневих і об'ємних атомів окремих частинок. Поверхня самого ідеального кристалу може вважатися великим двомірним дефектом (на поверхні атоми з однієї сторони не зв'язані). Поверхневі атоми у загальному випадку знаходяться на більш близьких відстанях один від одного, ніж атоми в об'ємі кристалічної решітки, і мають підвищений запас енергії.

Наночастки проявляють квантові властивості по відношенню до своїх розмірів. Це означає, що у певному матеріалі можуть стало утворюватися наночастки тільки певних розмірів – 100 нм. Металеві матеріали з нанокристалічною структурою мають незвичні механічні властивості, котрі суттєво залежать від розміру їх складових зерна. Особливістю металевих нанокристалічних матеріалів являється їх велика зносостійкість. Так, при зменшенні розміру зерна у нікелю від 10 мкм до 10 нм, швидкість зносу зменшується від 1330 до 7,9 мкм³ /мкм. Ефективним способом зміцнення металевих деталей являється формування на їх поверхні нанокристалічного шару у результаті інтенсивної багатократної пластичної деформації, котра може здійснюватися, зокрема, в процесі тертя.

Металеві наноконпозиційні матеріали поділяються на матричні і шарові. Найбільше розповсюдження отримали матричні наноконпозити, типовими представниками котрих являються тверді сплави системи WC – Co. У них з переходом розмірів зерна карбіду вольфраму у нанометрові розміри, зростає твердість зерна, і зменшується товщина міжзереного кобальтового прошарку. Це призводить до зменшення пластичності і ускладнює виривання зерна при зношуванні і, як наслідок, сприяє значному покращенню механічних властивостей сплавів.

Так ,у твердому сплаві складу WC – 6% Co при зменшенні середнього розміру зерна карбіду вольфраму з 1,5 до 0,5 мкм, міцність, твердість та зносостійкість зростають у 1,5 – 2 рази. Наноконпозити на сталевій матриці армують переважно наночастками оксидів металів (Al₂O₃, TiO₂, ZrO₂), котрі мають частку зміцнюючих компонентів. Вибір в якості таких компонентів оксидів, а не карбідів або нітридів, обумовлено тим, що кисень значно менше розчиняється у матричному матеріалі, ніж вуглець або азот. Легування порошкового заліза нанопорошковою міддю (3 мас.%) визиває значне покращення механічних властивостей спечених порошкових сталей: відносне подовження зростає у 5 разів, ударна в'язкість – в 3, твердість у 1,25 рази у порівнянні зі сталями, легованими крупно дисперсним порошком міді. Наноконпозити на алюмінієвій матриці, зміцнені наночастками кераміки (SiC, B₄C, BN) або синтетичного алмазу, мають більш високі антифрикційні властивості та зносостійкість, ніж матричні алюмінієві сплави. Особливо широко використовуються наноконпозити типу САП (спечена алюмінієва пудра), у котрих алюмінієва матриця армована наночастками Al₂ O₃. Один із напрямків роботи вчених і науковців України – це використання

нанотехнологій для підвищення міжремонтного ресурсу сільськогосподарської техніки, розробка нових наноматеріалів. При виготовленні деталей машин і агрегатів особлива роль надається конструкційній кераміці, котра формується на основі карбіду та нитриду кремнію, оксидів цирконію і алюмінію, нітридів алюмінія, титану, бора, цирконію та деяких інших з'єднань, та має підвищену міцність, твердість, зносостійкість, температурну та корозійну стійкість.

З неї виготовляють ріжучі елементи, екструзійні головки, сопла, штуцери, ущільнювачі, та інші деталі машин і агрегатів. Зокрема, вона являється перспективним матеріалом для виготовлення ріжучих елементів робочих органів ґрунтообробних машин. До основних недоліків кераміки належать низька тріщино стійкість та пластичність. Цих недоліків немає у нанокристалічній кераміці. Для неї характерна підвищена низькотемпературна пластичність, котру можливо використовувати у промислових процесах екструзії та прокатки кераміки. Зі зменшенням розмірів зерна до нанометрових, виникає можливість деформувати кераміку при досить високих швидкостях деформації (близько 10^{-2} с^{-1}).

Довговічність та ефективність роботи машин у значному ступені залежить від герметичності нерухомих фланцевих з'єднань. Конструкційні матеріали, поверхні котрих одночасно б мали високі антифрикційні і антикорозійні властивості, можуть бути отримані шляхом нанесення спеціальних наноструктурованих покриттів. В залежності від комбінації «покриття – підкладка» і умов використання покриття, спосіб нанесення покриття реалізується за допомогою самих різноманітних установок для нанесення покриттів.

Вдосконалення твердого сплаву з нанопокриттям завжди спрямовано на усування крихкості його поверхневого шару. В теперішній час використовуються покриття, що отримали назву «**Low stress coating**», технологічний процес полягає у нанесенні багат шарового покриття на твердосплавну підкладку за стандартною технологією. Покриття має таку будову: декілька проміжних шарів, кожний з яких має власне функціональне призначення: забезпечення щільного сполучення багат шарового покриття з робочими поверхнями; виконання бар'єрних функцій; наприклад, зростання термодинамічної стійкості покриття при підвищених швидкостях різання, подрібнення та інше.