

## ОГЛЯД НАНОМАТЕРІАЛІВ ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ГАЗОВИХ ОПОРАХ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

*В статті розглянуто сучасні наноматеріали та нанотехнології, їх класифікація та методи отримання і нанесення.*

### ВСТУП

В наш час розвиток новітніх методів та досліджень в галузі наноматеріалів та нанотехнологій веде до кардинальних змін у майже всіх напрямках людської діяльності: в матеріалознавстві, машинобудуванні, енергетиці, електроніці, медицині та багатьох інших. Поряд з комп'ютерними та біотехнологіями, нанотехнології є фундаментом науково-технічної революції XXI сторіччя [1–3].

Є низка теорій для визначення термінів наноматеріали та нанотехнології. Найбільш зручний та технологічний варіант пов'язаний з геометричними розмірами структури таких матеріалів. Згідно з ним матеріали з характерними розмірами мікроструктури від 1 до 100 нм називаються наноструктурними (нанофазними, нанокристалічними) [1, 4–6].

Для зручності наноматеріали класифікують за категоріями (рис. 1):

- перша категорія – матеріали у вигляді твердих тіл, розміри яких в одному, двох або трьох вимірах не перевищують 100 нм (нанорозмірні частинки (нанопорошки), нанодроти і нановолокна, дуже тонкі плівки (товщиною менше 100 нм), нанотрубки).



Рисунок 1 – Класифікація наноматеріалів

- друга категорія – матеріали у вигляді малорозмірних виробів з визначальним розміром в зразковому діапазоні 1 мкм...1 мм (дроти, стрічки, фольги).

- третя категорія – масивні (або об'ємні) наноматеріали з розмірами виробів з них в макродіапазоні (більше декількох мм). Такі матеріали складаються з дуже великого числа нанорозмірних елементів (кристалітів) і фактично є полікристалічними матеріалами з розміром зерна 1...100 нм (скла, гелі, пересичені тверді розчини та кристаліти, блоки).

Друга і третя категорії наноматеріалів підпадають під більш вузькі визначення нанокристалічних або нанофазних матеріалів [1, 4–6].

- четверта категорія – композиційні матеріали, що містять в своєму складі компоненти з наноматеріалів. При цьому, в якості компонентів можуть виступати наноматеріали, віднесені до першої категорії (композити з наночастинками та (або) нановолокнами, вироби зі змінним іонною імплантацією поверхневим шаром або тонкою плівкою) і другої категорії (композити зміцнені волокнами та (або) частками з наноструктурою, матеріали з модифікованим наноструктурним поверхневим шаром або покриттям). Також композиційні матеріали зі складним використанням нанокомпонентів.

### ОСНОВНА ЧАСТИНА

Переваги впровадження та використання наноматеріалів залежать в певній мірі від їх типів структур. Властивості наноматеріалів в значній мірі визначаються характером розподілу, формою і хімічним складом кристалітів (нанорозмірних елементів), з яких вони складаються. У зв'язку з цим доцільно класифікувати структури наноматеріалів за такими ознаками (рис. 2).

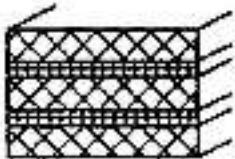
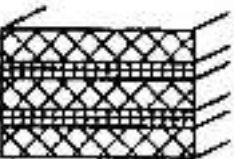

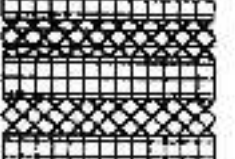



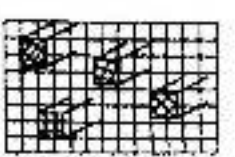




Характер розподілу	кристалічний			матричний
	склад кристалітів і меж однаковий	склад кристалітів різний при однаковому складі меж	склад кристалітів і меж різний	
Хімічний склад:				кристаліти розподілені в матриці другого складу
Форма кристалітів:				
шарувата				
волокниста				
рівновісна				

Рисунок 2 – Основні типи структури наноматеріалів [6, 7]

За формою кристалітів наноматеріали можна розділити на шаруваті (пластинчасті), волокнисті (стовпчасті) і рівновісні [4–7]. Зрозуміло товщина шару, діаметр волокна і розмір зерна при цьому мають значення біля 100 нм і менші. Виходячи з особливостей хімічного складу кристалітів і їх меж зазвичай виділяють чотири групи наноматеріалів [4–6]:

1) матеріали, у яких хімічний склад кристалітів і меж розділення однакові. Прикладами таких матеріалів є чисті метали з нанокристалічною рівновісною структурою і шаруваті полікристалічні полімери;

- 2) матеріали, у яких склад кристалітів різниться, але межі є ідентичними за своїм хімічним складом;
- 3) наноматеріали, у яких як кристаліти, так і межі мають різний хімічний склад;
- 4) наноматеріали, в яких нанорозмірні виділення (частки, волокна, шари) розподілені в матриці, що має інший хімічний склад. До цієї групи належать зокрема дисперсно-зміцнені матеріали;
- 5) найістотніші зміни властивостей наноматеріалів і наночастинок виникають в діапазоні розмірів кристалів порядку 10...100 нм.

Для наночастинок частка атомів, що знаходяться в тонкому поверхневому шарі (його товщину приймають як правило близькою 1 нм), порівняно з мезо- і мікрочастинками помітно зростає. Отже, частка приповерхневих атомів буде пропорційна відношенню площі поверхні частинки  $S$  до її об'єму  $V$ . У поверхневих атомів, на відміну від тих, що знаходяться у внутрішньому об'ємі твердого тіла, задіяні не всі зв'язки з сусідніми атомами. Для атомів, що знаходяться на виступах і уступах поверхні, ненасиченість зв'язків ще вище. В результаті в при поверхневому шарі виникають сильні спотворення кристалічної решітки і навіть може відбуватися зміна типу решітки. Іншим аспектом, є той факт, що вільна поверхня є стоком нескінченної ємності для точкових і лінійних кристалічних дефектів (в першу чергу вакансій і дислокацій). При малих розмірах частинок цей ефект помітно зростає, що може призводити до виходу більшості структурних дефектів на поверхню і очищення матеріалу наночастинок від дефектів структури і хімічних домішок. Встановлено, що процеси деформації і руйнування проходять в тонкому приповерхневому шарі з випередженням порівняно з внутрішніми обсягами металевого матеріалу, що багато в чому визначає виникнення низки фізичних ефектів, в т. ч. фізичної межі плинності і фізичної межі втоми [8–10].

Для наночастинок весь матеріал буде працювати як приповерхневий шар, товщина якого оцінюється в діапазоні близько 0,5...20 мкм. Можна також вказати на тонкі фізичні ефекти, які проявляються в специфічному характері взаємодії електронів з вільною поверхнею.

Наступною причиною специфіки властивостей наноматеріалів є збільшення об'ємної частки меж розділення зі зменшенням розміру зерен або кристалітів у наноматеріалах. При цьому можна виділити об'ємну частку таких складових: меж розділення ( $\Delta V_{MP}$ ), меж зерен ( $\Delta V_{MZ}$ ) і потрійних стиків ( $\Delta V_{PC}$ ) [5, 6].

На рис. 3 представлені залежності зазначених об'ємних часток [5, 6].

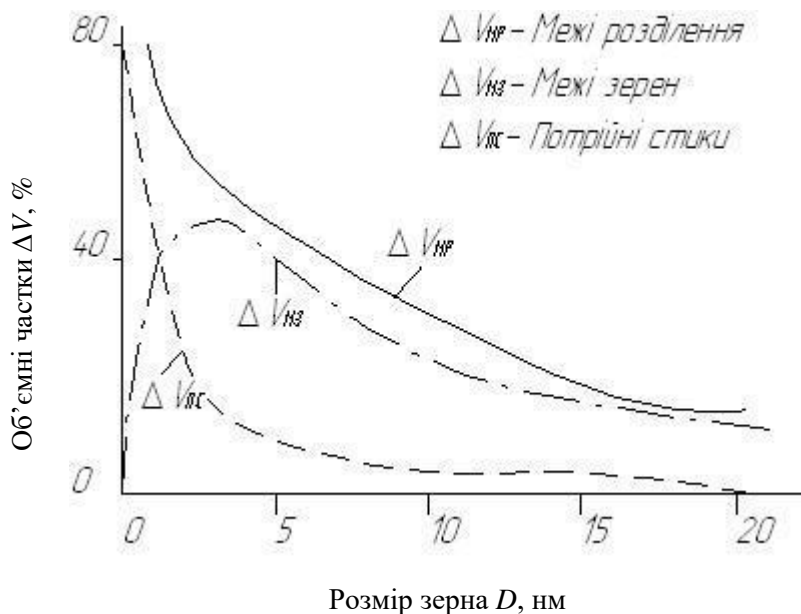


Рисунок 3 – Залежність об'ємних часток меж розділу, меж зерен і потрійних стиків [6]

Видно, що зі зменшенням розміру зерна від 1 мкм до 2 нм об'ємна частка міжзернового компоненту (меж розділення) збільшується з 0,3 до 87,5%. Об'ємні частки міжзеренового і внутрішньозеренового компонентів досягають однакового значення (по 50%) при розмірі зерна близько 5 нм. Після зменшення розміру зерна нижче 10 нм починає істотно зростати частка

потрійних стиків. З цим пов'язують аномальне падіння твердості в цьому інтервалі розмірів зерна [11].

Комплексні експериментальні дослідження показали, що межі зерен носять нерівноважний характер, обумовлений присутністю зернограничного дефекту з високою щільністю (рис. 4) [1, 12].

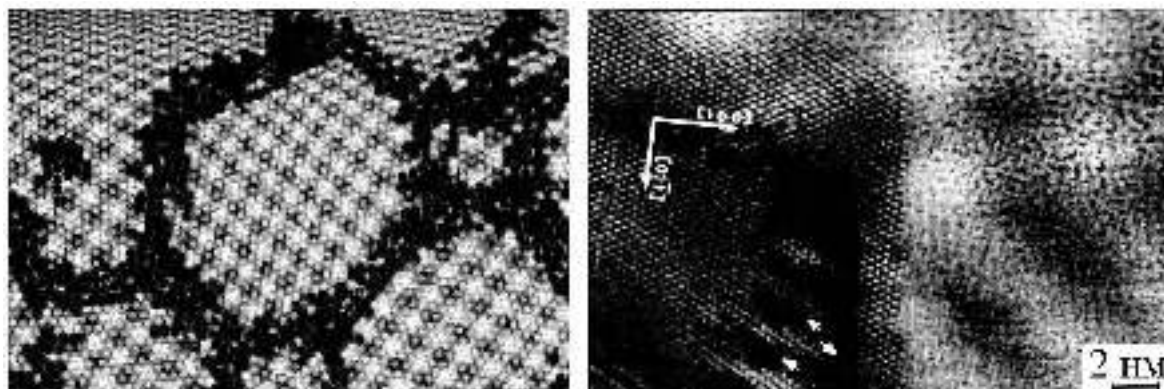


Рисунок 4 – Атомна модель наноструктурного матеріалу (чорним позначені атоми зернограничної області, в яких зміщення перевищує 10 % від міжатомних відстаней) [12] (а); межі зерна в наноструктурній міді (електрона мікроскопія, що просвічується, значками відмічені внесені зернограничні дислокації) [13] (б)

Ця нерівновісність характеризується надмірною енергією меж зерен і наявністю дальнодіючих пружних напружень; межі зерен мають кристалографічну впорядковану будову, а джерелами пружних полів виступають зернограничні дислокації і їх комплекси [1,13]. Нерівність меж зерен викликає виникнення високих напруг і спотворення кристалічної решітки, зміна міжатомних відстаней і поява значних зсувів атомів, аж до втрати далекого порядку [13]. Результатом є значне підвищення мікротвердості.

Важливим чинником, що діє в наноматеріалах є також схильність до появи кластерів. Полегшення міграції атомів (груп атомів) уздовж поверхні і по кордонах розділу, і наявність сил тяжіння між ними, які для наноматеріалів більші порівняно з традиційними матеріалами, часто призводять до процесів самоорганізації острівцевих, стовпчастих і інших кластерних структур на підкладці. Цей ефект вже використовують для створення впорядкованих наноструктур для оптики і електроніки [13,14].

Для матеріалів з розмірами кристалітів в нижньому нанодіапазоні  $D < 10$  нм дає можливість прояву квантових розмірних ефектів [7]. Такий розмір кристалітів стає порівняним з довжиною дебройлівської хвилі для електрона  $\lambda_B \sim (m_e E)^{-1/2}$  ( $m_e$  – ефективна маса електрона,  $E$  – енергія Фермі). Для металів  $\lambda_B \approx 0,1 \dots 1$  нм, а для низки напівпровідників, напівметалів і тугоплавких сполук перехідних металів  $\lambda_B \approx 10 \dots 100$  нм [11]. Для будь-якої частинки з малою енергією (швидкість  $v \ll$  швидкості світла  $c$ ) довжина хвилі Де Бройля визначається як  $\lambda_B = h/mv$ , де  $m$  і  $v$  – маса і швидкість частинки, а  $h$  – постійна Планка [13]. Квантові ефекти будуть виражатися зокрема у вигляді осцилюючих змін електричних властивостей, наприклад провідності.

Виявилось, що матеріали з нанорозмірним зерном відрізняються крихкістю. При використанні методів інтенсивної пластичної деформації, вдається знизити прояв цього неприємного ефекту, наприклад для нанокристалічних міді, титану і титанових сплавів, інтерметаліда  $Ni_3Al$  [1,13]. Проте проблема залишається досить актуальною. Важливим обмеженням для використання наноструктурних конструкційних матеріалів є їх схильність до міжкристалітної корозії через дуже велику об'ємну частку меж зерен. У зв'язку з цим вони не можуть бути рекомендовані для роботи в умовах, що сприяють корозії (дифузія з поверхні елементів, високі температури в поєднанні з корозійними впливами, радіація, склад сплаву, схильні до змін хімічного складу по межах зерен і т. д.). Іншим важливим обмеженням є нестабільність структури наноматеріалів, а отже, нестабільність їх фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей. Так при термічних, радіаційних, деформаційних впливах неминучі рекристалізаційні, релаксаційні, сегрегаційні і гомогенізаційні процеси, а також явища розпаду, фазових перетворень, спікання і запливання нанопор і нанокاپлярів, аморфізації або кристалізації [13].

Технології обробки поверхні матеріалів до теперішнього часу є однією з найдинамічніших галузей науки про матеріали. Методи, пов'язані зі створенням на поверхні матеріалів, особливо металевих, модифікованих шарів, достатньо вивчені, відпрацьовані і широко застосовуються на практиці [14,15–20]. Багато з таких методів або їхні удосконалені варіанти можуть розглядатися як методи нанотехнології, бо дозволяють створювати нанорозмірні та (або) наноструктурні шари на поверхні матеріалів, композиційні матеріали з наноконпонентів, а в низці випадків і наноматеріали в вигляді нано- і мікробудов.

Наноорієнтовані технології обробки поверхні умовно поділяються на дві великі групи – технології, засновані на фізичних процесах і технології, засновані на хімічних процесах. Серед усіх наноорієнтованих технологій обробки поверхні на сьогодні найбільш перспективними є іонно-вакуумні технології нанесення покриттів [20–24]. Такі шари відрізняються високою адгезією, а температурний вплив на матеріал основи мінімальний. Аналіз літературних даних, проведений в роботі [25], показав, що розмір кристалітів в плівках, отриманих за технологіями вакуумного нанесення, може досягати 1–3 нм.

## ВИСНОВКИ

Аналіз сучасних досягнень в цій області привів до можливості використання нанопокриттів на поверхні підшипників з газовим мащенням [26]. Покращити характеристики та властивості матеріалів газових опор можливо шляхом нанесення нанопокриттів вуглецю. Нановуглецеві покриття забезпечують високі характеристики робочих поверхонь пар тертя: високу електропровідність та теплопровідність, дуже низький коефіцієнт тертя, високу міцність та ударну в'язкість, корозійну стійкість при нормальних та підвищених температурах. При цьому на порядок зменшується ймовірність схоплювання рухомих та нерухомих деталей в моменти запуску та аварійних зупинок. Вуглецеві нанопокриття характеризуються високою корозійною стійкістю та зносостійкістю, значення яких в рази перевищують аналогічні характеристики, отримані на інших покриттях. Подальших досліджень та вдосконалення конструкції поверхонь вимагає проблема їх великої швидкості обертання та малої навантажувальної здатності та значних витрат газу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Новые материалы / Под ред. Ю. С. Карабасова – М.: МИСИ, 2002. – 736 с.
2. Наноматериалы и нанотехнологии / Ж. И. Алферов, П. С. Копьев, Р. А. Сурис и др. // Нано- и микросистемная техника. – 2003. – № 8. – С. 3–13.
3. Развитие в России работ в области нанотехнологий / С. М. Алфимов, В. А. Быков, Е. П. Гребенников и др. // Нано- и микросистемная техника. – 2004. – № 8. – С. 2–8.
4. Gleiter H. Nanostructured materials: basic concepts and microstructure / H. Gleiter // Acta mater. – 2000. – V. 48. – P. 1–29.
5. Алымов М. И. Механические свойства нанокристаллических материалов / М. И. Алымов. – М. : МИФИ, 2004. – 32 с.
6. Алымов М.И. Методы получения и физико-механические свойства объемных нанокристаллических материалов / М. И. Алымов, В. А. Зеленский. – М. : МИФИ, 2005. – 52 с.
7. Головин Ю. И. Введение в нанотехнологию / Ю. И. Головин. – М. : Машиностроение 1, 2003. – 112 с.
8. Терентьев В. Ф. Усталость металлических материалов / В. Ф. Терентьев. – М. : Наука, 2003. – 248 с.
9. Алехин В. П. Физика прочности и пластичности поверхностных слоев материалов / В. П. Алехин. – М. : Наука, 1983. – 260 с.
10. Kramer I. R. Surface layer effects on the mechanical behavior of metals / I. R. Kramer // Advances Mech. and Phys. Surface. – 1986. – V. 3. – P. 109–260.
11. Palumbo G. On the contribution of triple junctions to the structure and properties of nanocrystalline materials / G. Palumbo, S. J. Thorpe, K. T. Aust // Scripta metallurgica. – 1990. – V. 24. – P. 1347–1350.
12. Gleiter H. Nanostructured materials – State-of-the-art and perspectives / H. Gleiter // Z/ Metallkunde. – 1995. – V. 86. – P. 78–83.
13. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос, 2000. – 272 с.
14. Новое в технологии получения материалов / под ред. Ю. А. Осипяна и А. Хауффа. – М. : Машиностроение, 1990. – 448 с.

15. Deposition technologies for films and coating / R. F. Bunshah [et al.]. – Park Ridge, New Jersey (USA) : Noyes Publications, 1982. 489 p.
16. Frey H. Dünnschichttechnologie / H. Frey, G. Kienel. – Düsseldorf : VDI-Verlag, 1987.
17. Кудинов В. В. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование / В. В. Кудинов, Г. В. Бобров. – М. : Металлургия, 1992.
18. Никитин М. М. Технология и оборудование вакуумного напыления / М. М. Никитин. – М. : Металлургия, 1992.
19. Реди Дж. Промышленные применения лазеров / Дж. Реди. – М. : Мир, 1981. – 638 с.
20. Технология тонких пленок / под ред. Л. Майссела и Р. Глэнга. – М. : Сов. радио, 1970. – Т. 1. – 664 с., – Т. 2. – 768 с.
21. Комник Ю. Ф. Физика металлических пленок / Ю. Ф. Комник. – М. : Атомиздат, 1979.
22. Preece C.M. Ion implantation metallurgy / C. M. Preece, J. K. Hirvonen. – NY : TMS-AIME, 1980. – 283 p.
23. Poate J. M. Surface Modification and Alloying by Laser, Ion, and Electron Beams / J. M. Poate, G. Foti, D. C. Jacobson. – NY : Plenum Press, 1983. – 243 p.
24. Shworth V. A. Ion implantation into metals / V. A. Shworth, W. A. Grant, R. P. M. Procter. – N.Y. : Pergamon Press, 1982. – 257 p.
25. Hirvonen J. K. Ion implantation / J. K. Hirvonen. – N.Y. : Academic Press, 1980. – 345 p.
26. Віштак І.В., Савуляк В. І. Зміцнення поверхонь газостатичних опор шпindelних вузлів шляхом нанесення вуглецевого наночастиці / І. В. Віштак, В. І. Савуляк // Збірник тез доповідей. – Львів : НУ «ЛП», 2017. – С. 57.

#### REFERENCES

1. Novi materialy. Red. YU.S. Karabasova - Moskva: MISIS, 2002 r. - 736 s.
2. Alferov ZH.I., Kopyev P.S., Suris R.A. ta inshi. Nanomaterialy ta nanotekhnolohiyi. // Nano-i mikrosystemni tekhnolohiyi. 2003. №8. Stor. 3-13.
3. Al'fimov S.M., Bykov B.A., Hrebennykov YE.P. ta inshi. Rozvytok v Rosiyi robit u haluzi nanotekhnolohiy. // Nano-i mikrosystemni tekhnolohiyi. 2004. №8. 2-8 s.
4. Hleyter KH. Nanostrukturni materialy: osnovni ponyattya ta mikrostruktura. // Acta mater., 2000. V.48. S.1-29.
5. Alymov M. I. Mekhanichni vlastyvoli nanokrystalichnykh materialiv. - M. : MIFY, 2004. - 32 s.
6. Alymov M.I., Zelens'kyi V.A. Metody oderzhannya ta fizyko-mekhanichni vlastyvoli ob'yemnykh nanokrystalichnykh materialiv. - M. : MIFi, 2005. - 52 s.
7. Holovin YU.I. Vstup do nanotekhnolohiy. - M. : Vydavnytstvo "Mashynobuduvannya -1", 2003 - 112 s.
8. Terent'yev V.F. Vtoma metalevykh materialiv - M: Nauka, 2003. - 248 s.
9. Alyekhin V.P. Fizyka dovhovichnosti ta plastychnosti poverkhnevyykh shariv materialiv - M: Nauka, 1983. - 260 s.
10. Kramer I.R. Poverkhnevyy shar vplyvaye na mekhanichnu povedinku metaliv // Advances Mech. i Phys.Surface. 1986. V.3. 109-260 s.
11. Palambo H., Torp S.YA., Avst K.T. Pro vklad tr'okh perekhodiv do struktury ta vlastyvolostey nanokrystalichnykh materialiv. // Scripta metallurgica. 1990. V.24. S.1347-1350.
12. Hleyter KH. Nanostrukturni materialy - stan i perspektyvy. // Z / Metallkunde., 1995. V.86. S.78-83.
13. Valiyev R. Z., Aleksandrov I. V. Nanostrukurovani materialy, otrymani intensyvnoyu plastychnoyu deformatsiyeyu. - M. : Lohos, 2000. - 272 s.
14. Novi tekhnolohiyi otrymannya materialiv, red. YU.A. Osypyan i A. Khauf. - M. : Mashynobudivnytstvo, 1990. - 448 s.
15. Bunshah R.F. pry zastosuvanni tekhnolohiy osadzhennya plivok ta pokryttiv. - Park-Rydzh, shtat N'yu-Dzhersi (SSHA): Publikatsiyi Noyes, 1982. 489 s.
16. Frey H., Kienel G. Dünnschichttechnologie. - Dyussel'dorf: VDI-Verlag, 1987.
17. Kudinov V. V., Bobrov H. V. Rozpylennya pokryttyam. Teoriya, tekhnolohiya ta obladnannya. M. : Metalurhiya, 1992.
18. Nikitin M.M. Tekhnolohiya ta obladnannya vakuumnoho obpryskuvannya. M. : Metalurhiya, 1992.
19. Redi Dzh. Promyslove zastosuvannya lazeriv. - M. : Svit, 1981. 638 s.

20. Tekhnolohiya tonkykh plivok. / Red. L. Maissel i R. Glange. - M.: Zv. radio, 1970. T.1.- 664 pp., T.2.-768 p.
21. Kommik YU. F. Fizyka metalevykh plivok. - Moskva: Atomyzdat, 1979.
22. Prefekt K. M., Khirvonen Y. K. Ionna implantatsiya metalurhiyi. - N'yu-York: TMS-AIME, 1980 - 283
23. Poate J. M., Foti G., Jacobson D. C. Modyfikatsiya poverkhni ta splavlennyya lazernymy, ionnymy ta elektronnymy puchkamy. - N'yu-York: Plenum Pres, 1983. - 243 s.
24. Shworth V. A., Grant W. A., Procter R. P. M. Ionna implantatsiya v metaly. - N. Y.: Pergamon Press, 1982. - 257 p.
25. Khirvonen Y. K. Ionna implantatsiya. - N.Y.: Academic Press, 1980. - 345 p.
26. Vyshtak I. V., Savulyak V. I. Zmitsnennyya poverkhon' hazostatychnykh opor shpyndel'nykh vuzliv shlyakhom nanesennyya vuhletsevoho nanosira / Zbirnyk tez dopovidey: L'viv, - NU "LP", 2017 - s. 57

I. V. Vıştak<sup>1</sup>

## ОГЛЯД НАНОМАТЕРІАЛІВ ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ГАЗОВИХ ОПОРАХ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ

<sup>1</sup>Вінницький національний технічний університет

В статті розглянуто сучасні наноматеріали та нанотехнології, їх класифікація та методи отримання і нанесення.

Об'єкт дослідження – наноматеріали та нанотехнології.

Мета роботи – визначення переваг зміцнення поверхонь наноматеріалами та нанотехнологіями на поверхнях газових опор.

Розвиток новітніх методів та досліджень в галузі наноматеріалів та нанотехнологій привів до кардинальних змін у майже всіх напрямках людської діяльності: в матеріалознавстві, машинобудуванні, енергетиці, електроніці, медицині та багатьох інших. Поряд з іншими новітніми технологіями, нанотехнології є фундаментом науково-технічного прогресу.

Переваги впровадження та використання наноматеріалів залежать, певною мірою, від їх типів структур. Властивості наноматеріалів в значній мірі визначаються характером розподілу, формою і хімічним складом кристалітів (нанорозмірних елементів), з яких вони складаються.

Для наночастинок весь матеріал буде працювати як приповерхневий шар, товщина якого оцінюється в діапазоні близько 0,5...20 мкм. Можна також вказати на тонкі фізичні ефекти, які проявляються в специфічному характері взаємодії електронів з вільною поверхнею.

Нерівність меж зерен викликає виникнення високих напруг і спотворення кристалічної решітки, зміна міжатомних відстаней і поява значних зсувів атомів, аж до втрати далекого порядку. Результатом є значне підвищення мікротвердості.

Важливим чинником, що діє в наноматеріалах є також схильність до появи кластерів.

Виявилось, що матеріали з нанорозмірним зерном відрізняються крихкістю. При використанні методів інтенсивної пластичної деформації вдається знизити прояв цього неприємного ефекту

Технології обробки поверхні матеріалів до теперішнього часу є однією з найдинамічніших галузей науки про матеріали. Методи, пов'язані зі створенням на поверхні матеріалів, особливо металевих, модифікованих шарів, достатньо вивчені, відпрацьовані і широко застосовуються на практиці. Аналіз літературних даних, показав, що розмір кристалітів в плівках, отриманих за технологіями вакуумного нанесення, може досягати 1–3 нм.

Покращити характеристики та властивості матеріалів газових опор можливо шляхом нанесення нанопокриттів вуглецю. Нановуглецеві покриття забезпечують високі характеристики робочих поверхонь пар тертя: високу електропровідність та теплопровідність, дуже низький коефіцієнт тертя, високу міцність та ударну в'язкість, корозійну стійкість при нормальних та підвищених температурах.

**Ключові слова:** наноматеріали, нанотехнології, структура, розмір зерна, кристаліт, газова опора.

*Віштak Інна Вікторівна*, кандидат технічних наук, старший викладач кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, Вінницький національний технічний університет, e-mail: innavish322@gmail.com

## THE REVIEW OF NANOMATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES AND PROSPECTS OF THEIR USE IN GAS SUPPORTS OF SPINDLE UNIT

<sup>1</sup>Vinnitsia National Technical University

The article deals with modern nanomaterials and nanotechnologies, their classification and methods of production and application.

The object of research is nanomaterials and nanotechnologies.

The purpose of this work is to determine the advantages of reinforcing surfaces with nanomaterials on the surfaces of gas supports.

The development of new methods and research in the field of nanomaterials and nanotechnologies led to cardinal changes in many areas of human activity: in materials science, engineering, energy, electronics, medicine and many others. Along with other advanced technologies, nanotechnology is the foundation of scientific and technological progress.

Advantages of the introduction and use of nanomaterials depend to some extent on their types of structures. The properties of nanomaterials are largely determined by the nature of the distribution, shape and chemical composition of the crystallites (nanoscale elements) from which they consist.

For nanoparticles, the entire material will work as a near-surface layer, the thickness of which is estimated in the range of about 0.5 ... 20  $\mu\text{m}$ . One can also point out the subtle physical effects that manifest themselves in the specific nature of the interaction of electrons with a free surface.

Inequality of grain boundaries causes the occurrence of high stresses and distortions of the crystal lattice, a change in the interatomic distances, and the appearance of significant atomic shifts, up to the loss of long-range order. The result is a significant increase in microhardness.

An important factor in nanomaterials is also the propensity for the appearance of clusters.

It turned out that materials with nanoscale grain differ brittleness. When using the methods of intensive plastic deformation, it is possible to reduce the manifestation of this unpleasant effect

Technology of surface treatment of materials to date is one of the most dynamic branches of the science of materials. The methods associated with the creation on the surface of materials, especially metallic, modified layers, are sufficiently studied, worked out and widely used in practice. Analysis of literature data showed that the crystallite size in films obtained by vacuum deposition techniques can reach 1-3 nm.

Improve the characteristics and properties of gas supports materials by applying carbon nanocoats. Nanocarbon coatings provide high characteristics of the working surfaces of friction pairs: high electrical conductivity and thermal conductivity, very low coefficient of friction, high strength and toughness, corrosion resistance at normal and elevated temperatures.

**Key words:** nanomaterials, nanotechnologies, structure, grain size, crystallite, gas support.

*Vishtak Inna*, Ph.D., Senior Lecturer of Department of Life Safety and Security Education, Vinnitsya National Technical University, e-mail: innavish322@gmail.com

И. В. Виштак<sup>1</sup>

## ОБЗОР НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ГАЗОВЫХ ОПОРАХ ШПИНДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ

<sup>1</sup>Винницкий национальный технический университет

В статье рассмотрены современные наноматериалы и нанотехнологии, их классификация и методы получения и нанесения.

Объект исследования – наноматериалы и нанотехнологии.

Цель работы – определение преимуществ укрепления поверхностей наноматериалами на поверхностях газовых опор.



Развитие новейших методов и исследований в области наноматериалов и нанотехнологий привели к кардинальным изменениям во многих направлениях человеческой деятельности: в материаловедении, машиностроении, энергетике, электронике, медицине и многих других. Наряду с другими новейшими технологиями, нанотехнологии являются фундаментом научно-технического прогресса.

Преимущества внедрения и использования наноматериалов зависят в определенной степени от их типов структур. Свойства наноматериалов в значительной степени определяются характером распределения, формой и химическим составом кристаллитов (наноразмерных элементов), из которых они состоят.

Для наночастиц весь материал будет работать как приповерхностный слой, толщина которого оценивается в диапазоне около 0,5...20 мкм. Можно также указать на тонкие физические эффекты, которые проявляются в специфическом характере взаимодействия электронов со свободной поверхностью.

Неравенство границ зерен вызывает возникновение высоких напряжений и искажения кристаллической решетки, изменение межатомных расстояний и появление значительных сдвигов атомов, вплоть до потери дальнего порядка. Результатом является значительное повышение микротвердости.

Важным фактором, действующим в наноматериалах, является также склонность к появлению кластеров.

Оказалось, что материалы с наноразмерным зерном отличаются хрупкостью. При использовании методов интенсивной пластической деформации, удастся снизить проявление этого неприятного эффекта

Технологии обработки поверхности материалов до настоящего времени является одной из самых динамичных отраслей науки о материалах. Методы, связанные с созданием на поверхности материалов, особенно металлических, модифицированных слоев, достаточно изучены, отработаны и широко применяются на практике. Анализ литературных данных показал, что размер кристаллитов в пленках, полученных по технологиям вакуумного нанесения, может достигать 1–3 нм.

Улучшить характеристики и свойства материалов газовых опор возможно путем нанесения нанопокрований углерода. Нанокристаллические покрытия обеспечивают высокие характеристики рабочих поверхностей пар трения: высокую электропроводность и теплопроводность, очень низкий коэффициент трения, высокую прочность и ударную вязкость, коррозионную стойкость при нормальных и повышенных температурах.

**Ключевые слова:** наноматериалы, нанотехнологии, структура, размер зерна, кристаллит, газовая опора.

Виштак Инна Викторовна, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности и педагогики безопасности, Винницкий национальный технический университет, e-mail: [innavish322@gmail.com](mailto:innavish322@gmail.com)