

19. Що буде відбуватися, якщо температура спікання буде перевищеною
20. Від чого залежить якість одержаного виробу.
21. Від чого залежить максимальна температура остаточного спікання.
22. При яких умовах розчиняються зерна карбиду.
23. При процесі спікання, що відбувається на першій і на другій стадіях.
24. Як можна змінити зернистість порошку.
25. Поясніть сутність технологічної схеми добування твердих сплавів марки ВК.



**Ціль роботи:** дослідження структури та властивостей сучасних наноматеріалів.

До сучасних наноматеріалів відносяться системи з розміром структурних одиниць менш ніж 100 нм, а нижня межа розмірів визначається розміром атомів. За геометричною ознакою ці матеріали умовно поділяють на нуль-мірні (атомні частки та кластери), одномірні (волокна, ниті та дріт), двохвимірні (мультикулі, покриття і ламінарні структури), а також трьохмірні нанофазні матеріали (ультрадисперсні порошки та компактні об'ємні матеріали з кристалічною зернистою структурою з розміром зерен до 100 нм).

Область використання нономатеріалів та нанотехнологій дуже велика:

- у медицині – передбачається створення нанодатчиків для моніторинга нтв, удосконалення імплантів з біоактивними нанопокриттями та ін;

- при передачі та зберіганні енергії перспективні вуглецеві нанотрубки з певними наповнювачами в якості наднапівпровідників у мікроелектроніці, а як наноструктурні наднапівпровідники типу нестехіометричного  $Ta_6N_5$ , встановлено, що за допомогою реактивного синтезу. Для підвищення коефіцієнту передачі в теплообмінниках будуть використані «нанорідини».

- в механообробці УДП використовуються в якості шліфувального та увального матеріалів при кінцевій обробці виробів електронної техніки.

- у військовій справі УДМ використовуються у якості радіопоглинального покриття літаків, у нових видах вибухової зброї.

До основних методів отримання металевих УДП відносяться:

- механічне подрібнення більш крупних порошків;
- плазмо-хімічне розкладання газоподібних металоз'єднань;
- газофазний спосіб "випаровування-конденсація":



- хімічне осадження з розчинів.

Суть механічного подрібнення полягає у подрібненні крупних порошків у високоенергійних шарових млинах зі стаціонарними корпусами: атриторах (вертикальних барабанах) та симолойе-рах (горизонтальних барабанах). Приклад таких порошків (Mechanically ball milled Nanophased materials) наведено на рис. 3.1.

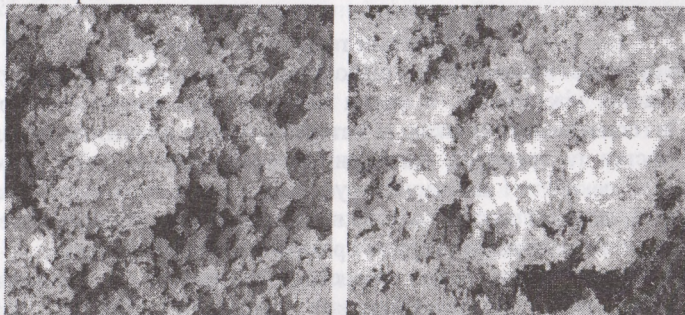


Рис. 3.1. Фото нанопорошку карбіда вольфрама.

а – середній розмір часток 30 нм, б – середній розмір часток 10 нм.

Переваги метода: малий середній розмір часток (10-20 нм) та вузький інтервал їх розмірів; можливість отримання широкого спектру матеріалів (чисті метали, інтерметаліди, механічні легovanі сплави, кераміка та кермети, композити і т.п.); достатньо висока продуктивність.

У плазмо-хімічних методах дуговий СВЧ-розряд використовується для розкладення у стовбурі пульсуючої аргонної плазми або газоподібних карбонілів Fe, Ni, Co, Cr, Mo, W, або газоподібних галогенідів  $TiCl_4$ ,  $ZrCl_4$  і т.п. Суть процесу – у наявності умов, при яких у фазі горіння дуги, де відбувається процес розкладання газоподібних з'єднань з утворенням металевих кластерів, а у фазі, де відсутній розряд при охолодженні плазми частки, охолоджуючись, не встигають рости та виносяться з зони стовбура плазми потоком несучого газу. При плазмо-хімічному газофазному відновленні порошків оксидів (наприклад WO). Придатними вважаються і спеціально збираються тільки тонкодисперсні порошки (0,6-2 мкм), а УДП (~ 50 нм) як відходи виносяться до рукавного фільтру.

Газофазним методом "випаровування конденсації" отримують УДП та тонкодисперсні порошки (100 нм-10 мкм) легкоплавких і легколетучих металів та сплавів - Zn, Cd, бронзи та т.п. Середній розмір та тип порошку залежать від умов процесу. Недолік метода – широкий інтервал розмірів зерен часток (від 10 нм до 3-15 мкм). Для отримання УДП використовують гомофазний процес з виділенням часток порошку у газовій фазі.

Суть процесу полягає у створенні парової хмари насичених парів металу (або декількох металів) з послідовним його охолодженням у потоці газу. Якщо



температура газу вище 0,7 від температури плавлення металу, процес йде за схемою пар-рідина-тверде (ПРТ).

Метод твердофазного відновлення використовується для отримання тонко дисперсних порошків нікелю з розмірами, близькими до розмірів УДП: 0,1-0,3 мкм. Форміати (солі мурашкової кислоти) нікелю відновлюються при цьому воднем при 200-300 °С.

Процес хімічного осадження із розчинів являє собою окислювально-відновлювальну реакцію як у водному, так і неводному середовищі. Для отримання високодисперсних продуктів у даному випадку необхідно мати максимальну різницю окислювально-відновлювальних потенціалів відновлювача і металу, що відновлюється.

У ході процесу утворюється металеві колоїди - золи. Для зменшення розмірів часток до розчину вводять комплектуючі реагенти та ПАВ, енергійно перемішують розчин, знижують його температуру.

З використанням атомно – силової мікроскопії (АСМ) встановлено, що УДП нікелю та алюмінію, отримані відповідно осадженням із розчину і плазменним методом, мають форму поліедричних пірамідок. В проекції на вісі  $X$  та  $Y$  вони найчастіше мають форму правильних та неправильних гексагонів. Їх розміри за висотою осі  $Z$  в 3-8 раз менше розмірів по осям  $X$  и  $Y$ . Гексагональна форма, як механічно найбільш міцна, формується при цьому в результаті конкурентного впливу сил поверхневої енергії та енергії деформування кристалевої ґратки.

За допомогою рентгеноструктурного аналізу (РСА) встановлено, що частинки є монокристалами з чотирма типами структур УДП: 1 - частинки, одно- або багатократнодвійниковані прямолінійним двійникованням, розсікаючими їх за діаметром; 2 - частинки, багатократнодвійниковані прямолінійним двійникованням, що утворюють потрійні стики; 3 - частинки, багатократнодвійниковані гвинтовими двійниками; 4 - частинки, які не містять дефектів - двійників.

Встановлено також, що при виявленні середніх розмірів часток методом просвічування електронної мікроскопії (ПЕМ), а також методом виміру питомої поверхні результати в 2-4 раз перевищують данні замірів за методикою РСА та АСМ. Найбільш ефективним та достовірним є метод визначення форми, розмірів часток та їх розподілення по розмірам є АСМ.

Вуглецеві нанотрубки (рис. 3.2), отримують декількома способами: піролізом вуглеводнів в присутності металевого каталізатору при 700-1000 °С, в дуговому розряді на торці графітового катоду, електролізом солей галогенів між графітовими електродами.



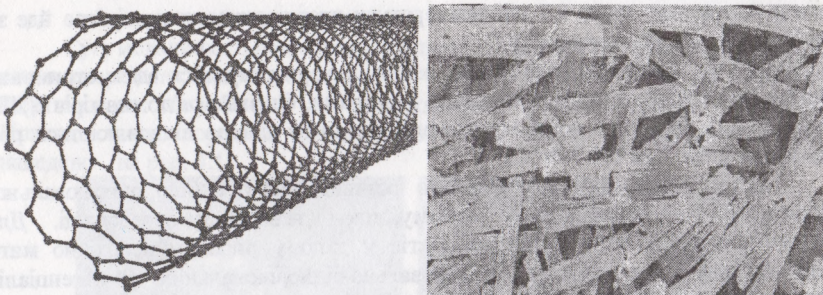


Рис. 3.2. Зображення нанотрубок

Трубки з наповнювачами, які мають низьке поверхнєве натягіння (Bi, Cs, S, Se і т.п.), можна отримувати прямим введенням їх у трубку за рахунок капілярних сил. Для наповнювачей з підвищеним поверхневим натягінням використовують інші методи.

Трубки з найбільш упорядкованою конструкцією стінок отримують, використовуючи у якості вихідного матеріалу вуглець у вигляді  $C_{60}$ . Отримані таким методом нанотрубки з залізом розглядають як перспективний матеріал для магнітних елементів пам'яті.

При електролізі розплавлених солей галогенів у графітовому тиглі - аноді з графітовим електродом - катодом отримують нанотрубки та нанодропи різних типів. При електролізі солі LiCl отримують чисто вуглецеві нанотрубки, при електролізі суміші LiCl +  $SiCl_2$  - нанодропи олова з вуглецевим покриттям, при електролізі суміші LiCl + Pb - нанодропи свинцю.

Властивості наносистем багато в чому відрізняються від властивостей крупніших об'єктів, що складаються з тих же самих атомів і молекул. Наприклад, наночастки платини набагато ефективніше очищують 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. На сучасному етапі нанотехнології використовують під час виробництва особливих сортів скла, на яких не осідає бруд (застосовується в автомобіле- і авіабудуванні), під час виробництва чорнил; для виробництва одягу, який неможливо забруднити і пом'яти і так далі.

### 3.2 Порядок проведення роботи

Студент отримує зразки наноматеріалу. Виготовляє мікрошліф. Вивчає мікроструктури зразків та фази. Замальовує мікроструктури зразків з позначенням фаз. Визначає функція кожної фази у мікроструктурі. Приводить таблицю основних властивостей матеріалу.



### 3.3 Зміст звіту

Назва роботи, мета роботи, теоретичні відомості, результати дослідження, аналіз результатів дослідження, висновки.

#### Контрольні питання

1. Що відноситься до наноматеріалів?
2. На які групи поділяють наноматеріали?
3. Яка область використання наноматеріалів?
4. Які методи отримання УДП вам відомі?
5. У чому полягає суть механічного подрібнення?
6. Які переваги має метод механічного подрібнення?
7. У чому полягає плазмо-хімічне розкладання газоподібних металоз'єднань?
8. Охарактеризуйте газозфазний метод "випаровування конденсації".
9. Які недоліки має газозфазний метод "випаровування конденсації"?
10. Які УДП отримують методом твердофазного відновлення?
11. Що являє собою процес хімічного осадження із розчинів?
12. Якими методами отримують нанодропи та нанотрубки?
13. Що виступає у якості вихідного матеріалу при виготовленні трубок з найбільш упорядкованою конструкцією стінок?
14. Методи отримання вуглецевих нанотрубок
15. Що називають нанотехнологіями?
16. Який стримуючий фактор використання наноматеріалів
17. Недолік плазмохімічного методу отримання УДП
18. Який інтервал розмірів часток часток, отриманих газозфазним методом
19. Який метод визначає середній розмір зерна УДП
20. Яка форма УДП алюмінія та нікеля
21. Який розмір досліджувального порошку в лабораторній роботі
22. Які підложки використовують для отримання нановолокон із неметалевих сполук
23. Для отримання чистих нанотрубок проводять електроліз якої солі
24. Яким методом отримують тонкодисперсні порошки нікеля з розмірами, близькими до розмірів УДП
25. Для отримання „сходинок” до якої температури нагрівають пластину кремнію