

Нанокераміка, як було розглянуто вище, отримують з нанорозмірних порошків методами формування і спікання. Оскільки внаслідок високого внутрішнього тертя нанопорошки важче ущільнюються, для їх формування часто використовують імпульсне і гідростатичне пресування, методи шлікерного і гелевого лиття, гідроекструзії. Однією з важливих проблем при отриманні нанокераміки зазвичай є інтенсивне зростання зерна при спіканні в звичайних умовах. Для його запобігання використовуються два основні методи:

- введення у вихідний порошок (шихту) нерозчинних добавок, які локалізуються на границях зерен і перешкоджають їх зрощенню;
- використання спеціальних методів і режимів ущільнення і спікання кераміки, що дозволяють значно зменшити тривалість і (або) температуру високотемпературних стадій її отримання (імпульсне пресування, гаряче пресування, деякі види низькотемпературного спікання).

У промисловості освоєно метод отримання алмазного нанопорошку шляхом вибуху боеприпасів у спеціальних камерах. Під час вибуху виникають високі значення тиску і температури внаслідок чого відбувається синтез алмазу з вуглецевмісних вибухових речовин, який каталізується частинками і парами металу з оболонок боеприпасів.

**Косенко В.А., Литвиненко А.М.**  
*(Університет «Україна», м. Київ)*  
**НЕОРГАНІЧНІ НАНОМАТЕРІАЛИ – ВІСКЕРИ**  
E-mail: s097@i.ua

Віскер (від англ. Whisker – волосся, шерсть; "вуса", неорганічні волокна) – це ниткоподібні кристали з діаметром від 1 до 10 мкм і співвідношенням довжини до діаметру >1000 (рис. 1).

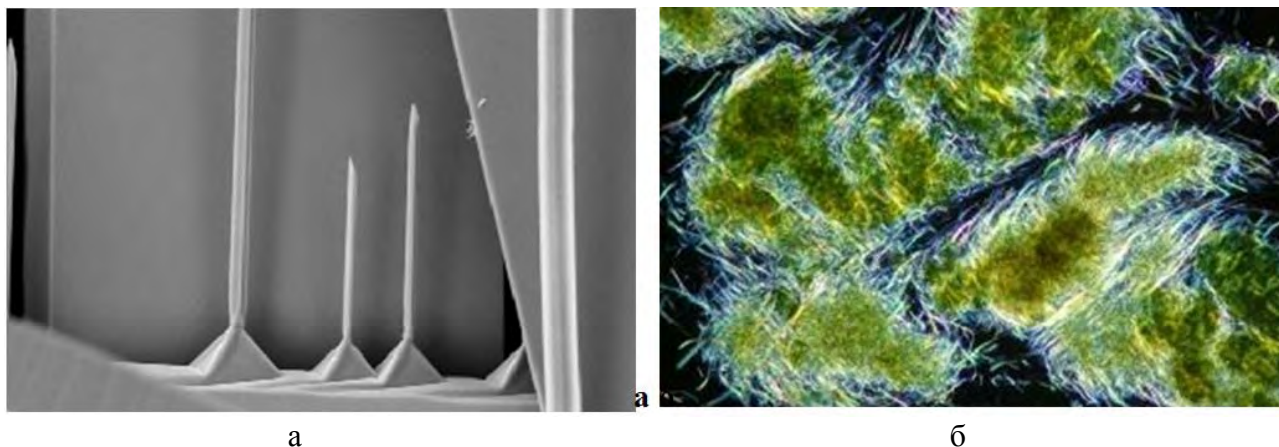


Рис. 1. Віскери: а – нитковидні кристали діоксиду олова; б – оптична фотографія нановіскерів струмопровідних ванадієвих бронз

Віскер є одним із найбільш перспективних кристалічних матеріалів з унікальним комплексом властивостей. Вони, як правило, мають досконалу, майже ідеальну бездислокаційну будову, що виключає звичайні механізми пластичної деформації і наближає їх міцність до теоретичного для даної речовини порога. Віскер у десятки і навіть сотні разів міцніше звичайних кристалів, володіє вражаючою гнучкістю, корозійною стійкістю і кристалографічною анізотропією властивостей. Отримання "вусів" надчистих металів і алмазу, ниткоподібних кристалів кремнію або надпровідних віскерів  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$  стало класикою сучасної хімії функціональних матеріалів. Подібна незвичайна форма кристалів цікава не тільки з точки зору дослідження механізму її утворення, але через свої специфічні фізико-хімічні характеристики.

Уявляючи собою одновимірну кристалічну систему, віскери можуть знайти широкий діапазон застосувань.

Незважаючи на те, що ниткоподібні кристали відомі понад півстоліття, віскери технічно використовуються досить однобічно – в основному, як армувальні волокна. Переважна більшість з них застосовуються винятково для створення конструкційних композитних матеріалів з поліпшеними механічними властивостями (вуглецеві волокна, SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), при цьому обсяги виробництва досягають значних величин. Останнім часом розвивається напрямок, пов'язаний з практичним використанням класичних кремнієвих віскерів як вістрів для атомно-силової, магніто-силової мікроскопії та для біологічних потреб.

Впорядковані ансамблі нановіскерів можна розглядати в якості систем з унікальними оптичними властивостями, в яких проявляються квантові ефекти (квантові точки, квантові нитки).

Віскери, при наявності у них особливої кристалічної структури, яка зумовлює змішану електронно-іонну провідність, можливості інтеркаляції – деінтеркаляції і високої рухливості іонів у внутрішніх відкритих порожнинах структури (міжшаровий простір, тунелі та ін.), можуть бути використані для створення електродних і мембранних матеріалів нового покоління завдяки унікальному поєднанню визначних механічних властивостей і суперіонній провідності. До переваг потенційних електродів з ниткоподібних кристалів належить також можливість легкого отримання бажаної форми і дешевизна. Але найбільший ефект нановіскери можуть дати при їх використанні в якості функціональних добавок для створення модифікованих пластиків. Для створення корпусних деталей верстатів, двигунів внутрішнього згорання тощо. По своїм механічним характеристикам вони перевершують 2...3 рази такі традиційні конструкційні матеріали, як сталь, чавун, є корозійностійкими.

Нанокompозитні матеріали широко використовуються передовими автобудівними компаніями світу. Так, компанія General Motors поступово розширює використання нанокompозитів у своїй продукції, одночасно зменшуючи вагу транспортних засобів та забезпечуючи якість продукції при помірній вартості.

**Косенко В.А., Сидоренко І.І.**

*(Університет «Україна», м. Київ)*

## **ДЕТОНАЦІЙНИЙ СИНТЕЗ ОТРИМАННЯ НАНОПОРОШКІВ ДЛЯ МАТЕРІАЛІВ МАШИНОБУДУВАННЯ**

E-mail: s097@i.ua

Одним із видів механічної дії, який одночасно створює умови як для синтезу кінцевого продукту, так і для його диспергування, є ударна хвиля. Детонація вибухових речовин, тобто енергія вибуху, досить широко використовується для здійснення синтезу і фазових переходів у речовинах.

Детонаційний синтез – метод механічної ударно-хвильової дії, що являє собою швидкоплинний процес, який створює динамічні умови для синтезу кінцевого продукту і його диспергування до порошку з нанометровим розміром частинок. Детонаційний синтез використовується для отримання різних морфологічних форм вуглецю, переважно нанокристалічного порошку алмазу (наноалмазів), і нанопорошків оксидів різних металів: Al, Mg, Ti, Zr, Zn і ін. Схема детонаційного синтезу представлена на рис. 1.

При отриманні алмазних нанопорошків із сумішей графіту з металами тривалість ударної хвилі варіюється в межах від 10 до 20 мкс, тиск що створюється, досягає 40 ГПа. Отриманий в цих умовах алмазний порошок містить поодинокі кристали розміром не більше 50 нм, а також скупчення і щільно спаяні агломерати розміром до 5 мкм і більше, що складаються з окремих кристалів розмірами близько 2 і 100 нм.