

## DIAMOND POLYCRYSTAL NANO-COMPOSITES FOR INDUSTRY

### Description

At present one of the most important directions in solving the problem of superhard materials development with qualitatively and quantitatively new complex of physico-mechanical properties is the use of nanodispersed materials as the initial ones. Under adequate conditions a unique complex of mechanical properties, e. g., a combination of very high hardness and fracture toughness, can be realized in a nanodispersed polycrystal.

In development of production technologies of novel superhard materials using initial nanomaterials, retention of the material nanodispersed state in the course of sintering is an important problem. In addition, one should remember that mechanical properties are highly structure-sensitive, which is particularly distinct in using nanomaterials.

Conditions of preparative treatment of diamond nanopowders, and their effective compacting, before a sintering including at heightened temperature, have been developed. Effect of prior compacting conditions on process of obtaining of qualitative polycrystals by sintering has been studied. Thermobaric conditions of production of polycrystal materials based on diamond powders of nanometric range have been investigated and optimized. The obtained results have allowed to develop optimum conditions of tool materials based on the diamond nanopowders production.

### Innovative Aspect and Main Advantages

It is experimentally proved that the most efficient approach to improvement of physico-mechanical properties of diamond polycrystals produced from nanopowders is to find optimal conditions for sintering of mixtures containing additions acting as solvents for carbon (Co, Ni, Fe, alloys of them, etc.) and as inhibitors of the grain growth. The mixture should be mechanically activated.

The use of high-pressure technique in combination with purification and vacuum degassing for sintering of statically synthesized diamond nanopowders with an initial particle size of about 100 nm favors the formation of nanostructure elements of 10 to 50 nm in size in a polycrystal due to fragmentation of coarser initial grains (supported by TEM studies). Preactivation of the initial statically synthesized diamond nanopowders using cold isostatic pressing has allowed the production of polycrystals with a density of 3,31 g/cm<sup>3</sup>, Vickers hardness of 35 GPa ( $P = 9.8$  N) and fracture toughness  $K_{1c} = 10-14$  MPa·m<sup>1/2</sup>.

### Areas of Application

Tools made of the composites of statically synthesized diamond nanopowder can successfully compete with single-

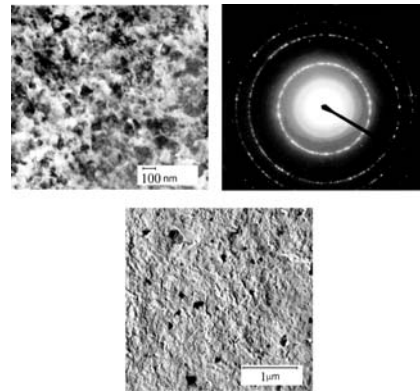


Fig. 1. The typical electron-microscopic image particle structures of the polycrystal from nanodiamond by static syntheses

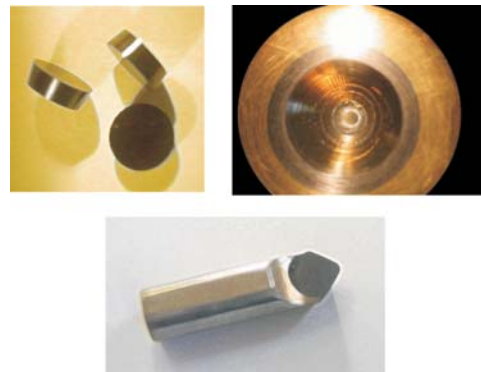


Fig. 2. Cutting plates, drawing die and cutting tool

crystal natural diamond tools. The composites may be used for making cutting, deforming or measuring tools for various purposes. Due to high fracture toughness, they may be also used as inserts in drilling tools. Now the samples of the instrument are being tested in construction.

### Stage of Development

Prototype available for testing.

### Contact Details

V. N. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine  
2 Avtozavodaskaya Str., Kiev, 04074, Ukraine  
Shulzhenko Aleksandr Aleksandrovich  
Tel.: +380 44 4303506  
kybor@ism.kiev.ua www.ism.kiev.ua

## АЛМАЗНИЙ ПОЛІКРИСТАЛІЧНИЙ НАНОКОМПОЗИТ

### Огляд пропозиції

Сьогодні одним з найактуальніших напрямків при вирішенні проблеми створення надтвердих матеріалів з якісно та кількісно новим комплексом фізико-механічних властивостей є використання вихідних нанодисперсних матеріалів. За відповідних умов у нанодисперсному полікристалі можлива реалізація унікального комплексу механічних властивостей, наприклад, сполучення дуже високих твердості й тріщиностійкості.

Важливою проблемою при розробці технологій одержання нових надтвердих матеріалів з використанням вихідних наноматеріалів є збереження нанодисперсного стану матеріалу в процесі спікання. Крім того, необхідно враховувати високу структурну чутливість механічних властивостей, що особливо гостро проявляється при використанні наноматеріалів.

В цій роботі розроблено режими попередньої обробки нанопорошків алмазів та їх ефективного компактування, в тому числі при підвищеній температурі перед спіканням. Вивчено вплив різних умов попереднього компактування на процес отримання якісних полікристалів при спіканні. Досліджено і оптимізовано термобаричні режими виготовлення полікристалічних матеріалів на основі порошків алмазів нанометричного діапазону. Здобуті результати дозволили розробити оптимальні режими виробництва інструментальних матеріалів з нанопорошків алмазів.

### Інноваційний аспект та основні переваги

Експериментально доведено, що найбільш ефективним підходом до поліпшення фізико-механічних властивостей полікристалів алмазу на основі нанопорошків є пошук оптимального режиму спікання шихти, що містить активуючі добавки, які виконують роль як розчинників і гетерів вуглецю, так і інгібіторів росту зерен (наприклад, CoO). При цьому шихта повинна пройти попередній етап механічної активації.

Застосування для спікання алмазних нанопорошків статичного синтезу з розміром вихідних часток близько 100 нм техніки високих тисків у сполученні з вакуумним очищенням і дегазацією реалізує в полікристалі, за даними електронної мікроскопії, формування наноструктурних елементів розміром 10–50 нм. Застосування попередньої активації вихідних нанопорошків алмазу статичного синтезу методом холодного ізостатичного пресування дозволило одержати наноструктурні композити з твердістю  $HV = 35$  ГПа (при навантаженні на індентор 9,8 Н) і тріщиностійкістю  $K_{Ic} = 10\text{--}14$  МПа·м<sup>1/2</sup>.

### Галузі застосування

Розроблена технологія дозволяє спікати композити з нанопорошків алмазу, які можуть успішно конкурувати

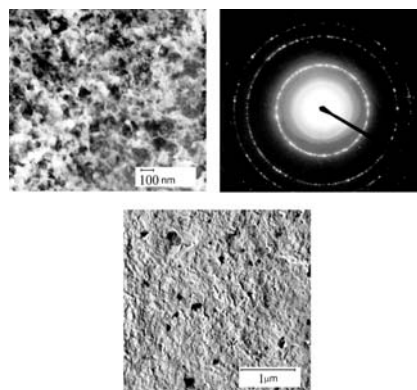


Рис. 1. Типове електронно-мікроскопічне зображення структури полікристалу, одержаного з наноалмазного порошку статичного синтезу

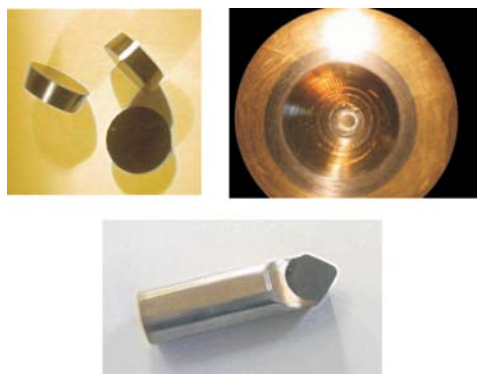


Рис. 2. Ріжучі пластини, волока та різець

з однокристалним алмазним інструментом із природних алмазів.

Вони можуть бути використані для виготовлення ріжучого, деформуючого інструмента для обробки кольорових металів та їх сплавів.

### Стадія розробки

Прототип, доступний для випробування.

### Контактна інформація

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України  
04074 Київ-74, вул. Автозаводська, 2  
Шульженко Олександр Олександрович  
+380 44 4303506  
kybor@ism.kiev.ua  
www.ism.kiev.ua