

E-BEAM PRODUCTION OF CARBON-BASED MATERIALS WITH AMORPHOUS, NANO-STRUCTURES FOR INDUSTRY AND MEDICINE

Description

Technology is based on the method of electron beam evaporation of carbon (graphite) using a liquid pool of tungsten and subsequent condensation of the vapour flow, which was suggested by us and patented in Ukraine and the USA (US Patent #5296274, cl. B05D 1/00 Movchan B. A. and others. "Method of producing carbon-containing materials by electron beam vacuum evaporation of graphite and subsequent condensation"). Evaporation is performed as follows: a plano-cylindrical tungsten tablet 5–10 mm high is placed on the end face of a cylindrical graphite block of 50–100 mm diameter and specified length. The tablet is melted by the electron beam and forms a "hot pool". A continuous transport process of carbon dissolution in the liquid pool volume, subsequent evaporation from the pool surface and formation of an intensive vapour flow of carbon atoms (clusters) is established. Tungsten practically does not evaporate.

Located near the above-mentioned carbon evaporation source is the second independent traditional source of electron beam evaporation of metallic and non-metallic materials, which are added to the main vapour flow of carbon by evaporation, if required (The third evaporation source can also be used).

This method has been recently improved by applying the technique of reflection of the vapour flow of carbon (or carbon plus additives) from surfaces (mirrors) heated up to high temperatures (1000–1800 °C), to form in space vapour flows of a specified orientation and particles which would be more uniform in terms of composition, structure and energy. This improvement is required at subsequent deposition of the vapor flow and "engineering" of the specified coating structure. Vapour flow ionization and bleeding gases into the vacuum chamber can be used as additional technological parameters for controlling the deposition process and condensate structure. Temperature of the deposition surface is one of the main technological parameters, controlling the condensate structure.

Rate of evaporation of a graphite block of 70 mm diameter is equal to 1.0–1.1 kg/h.

Innovative Aspect and Main Advantages

Electron beam technology differs from the currently available methods of arc and laser evaporation of carbon by availability of many parameters for fine adjustment of the main stages of the evaporation process, vapour flow formation and its condensation, namely:

1. Area, average values of evaporation rate and temperature of atoms (molecules) evaporated from the tungsten "hot pool".

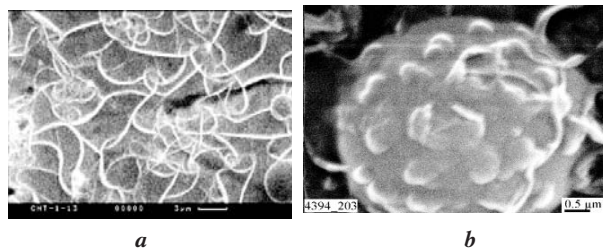


Fig. 1. Examples of special structures of carbon condensates: nanotubes (a) and spheres (b).

2. Temperature, composition and molecular structure of the vapour flow after reflection from the heated surfaces, vapour flow ionization, bleeding gases and using additives of inorganic and organic substances, including catalysts of the growth of macromolecular structures of the type of nanotubes and fullerenes. Temperature of the condensation surface of an oriented vapour flow in the range from room temperature to 1000–1200 °C and respective structures
3. From amorphous to nano- and micro-sized. Possibility of producing macromolecular (fullerenes, nanotubes) and diamondlike structures, carbides and composite materials (coatings) on their base is shown. A pilot production electron beam unit of up to 250 kW power adapted to the above technology variants is available. Areas of Application: Electronics and optoelectronics, medicine, chemical technology, instrument and mechanical engineering.

Stage of Development

Technology and equipment have been patented, experimental facilities are available, and a demonstration can be done.

Contact Details

International Center for Electron Beam Technologies of
E. O. Paton Electric Welding Institute of NASU
68, Gorky str., Kiev-150, 03150, Ukraine
Yakovchuk Konstantin
Tel.: +38 044 289-2176
Fax: +38 044 287-3166
E-mail: yakovchuk@paton-icebt.kiev.ua
<http://www.paton-icebt.kiev.ua>

ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВА ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ОДЕРЖАННЯ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВУГЛЕЦЮ З АМОРФНОЮ, НАНО- І МІКРОРОЗМІРНОЮ СТРУКТУРОЮ

Огляд пропозиції

Технологія базується на запропонованому нами і запатентованому в Україні і США (Патент США №5296274, кл. B05D 1/00 Movchan B.A. and others. "Method of producing carbon-containing materials by electron beam vacuum evaporation of graphite and subsequent condensation.") методі електронно-променевого випаровування вуглецю (графіту) з використанням рідкої ванни вольфраму і наступної конденсації парового потоку. Випаровування здійснюється в такий спосіб: на торці циліндричного блоку графіту діаметром 50–100 мм і заданої довжини утримується плоско-циліндрична таблетка вольфраму висотою 5–10 мм, що розплавляється електронним променем і утворює "hot pool". Установлюється безперервний транспортний процес розчинення вуглецю в об'ємі рідкої ванни, наступного випару з поверхні ванни й утворення інтенсивного парового потоку атомів (кластерів) вуглецю. Вольфрам при цьому практично не випаровується.

Поруч із зазначеним джерелом випаровування вуглецю розташовується інше незалежне традиційне джерело електронно-променевого випаровування металевих і неметалічних речовин, що при необхідності, шляхом випару, вводяться в основний паровий потік вуглецю. (Можливо застосувати і третє джерело).

Останнім часом цей метод був удосконалений шляхом застосування техніки відбиття парового потоку вуглецю (або вуглецю з добавками) від нагрітих до високих температур (1000–1800 °C) поверхонь (дзеркал) з метою формування в просторі парових потоків заданої орієнтації і більш однорідних за складом, структурою та енергією часток. Це удосконалення необхідне для подальшого осадження парового потоку і "конструювання" заданої структури конденсатів.

У якості додаткових технологічних параметрів регулювання процесу осадження і структури конденсатів можна застосовувати іонізацію парового потоку і введення газів у вакуумну камеру.

Температура поверхні осадження – один з основних технологічних параметрів, який контролює структуру конденсатів.

Швидкість випару блоку графіту діаметром 70 мм дорівнює 1,0–1,1 кг/год.

Інноваційний аспект та основні переваги

Електронно-променева технологія відрізняється від існуючих методів дугового і лазерного випаровування вуглецю наявністю багатьох параметрів тонкого регулювання основних стадій процесу випаровування, формування парового потоку і його конденсації:

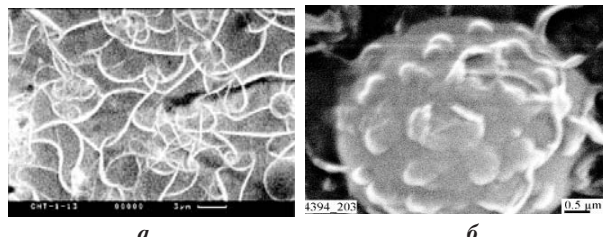


Рис. 1. Приклади особливих структур конденсатів вуглецю: (а) – нанотрубки; (б) – сфери.

1. Площі, середніх значень швидкості випаровування і температури атомів (молекул), що випаровуються з поверхні "hot pool" вольфраму.
2. Температури, складу і молекулярної структури парового потоку після відбиття від нагрітих поверхонь, іонізації парового потоку, введенні газів і домішок неорганічних і органічних речовин, включаючи каталізatori росту макромолекулярних структур типу нанотрубок, фулеренів.
3. Температури поверхні конденсації орієнтованого парового потоку в інтервалі від кімнатних до 1000–1200 °C та відповідних структур від аморфних до нано- і мікро- розмірних.

Було продемонстровано можливість одержання макромолекулярних (фулерени, нанотрубки) і алмазоподібних структур, карбідів та композиційних матеріалів (покривів) на їхній основі.

Є дослідно-промислова електронно-променева установка потужністю 250 кВт, адаптована до зазначених технологічних варіантів.

Галузь застосування

Електроніка, оптоелектроніка, медицина, хімічна технологія, приладо- і машинобудування.

Стадія розробки

Технологія й устаткування запатентовані, є визначена база експериментальних досліджень. Можлива демонстрація.

Контактна інформація:

Міжнародний центр електронно-променевих технологій Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАНУ Україна, 03150, Київ-150, вул. Горького 68

Контактна особа: Костянтин Яковчук

Тел.: 044 289-2176; **Факс:** 044 287-3166

E-mail: yakovchuk@paton-icebt.kiev.ua

<http://www.paton-icebt.kiev.ua>

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/cm³, Vickers hardness of 35 GPa ($P = 9.8$ N) and fracture toughness $K_{1c} = 10\text{--}14$ MPa·m^{1/2}.

Areas of Application

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

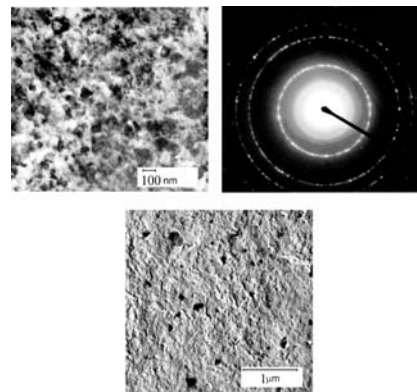


Fig. 1. The typical electron-microscopic image particle structures of the polycrystal from nanodiamond by static syntheses

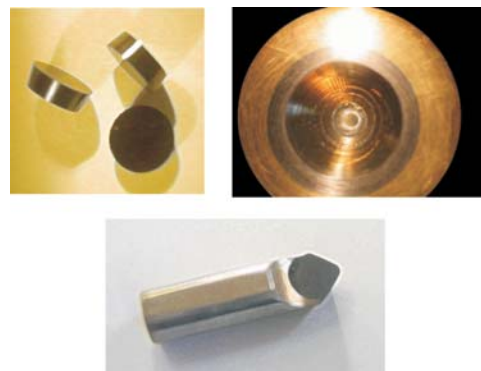


Fig. 2. Cutting plates, drawing die and cutting tool

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 $\text{HV} = 35 \text{ ГПа}$ (при навантаженні на індентор 9,8 Н) і тріщиностійкістю $K_{Ic} = 10\text{--}14 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$.

Галузі застосування

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

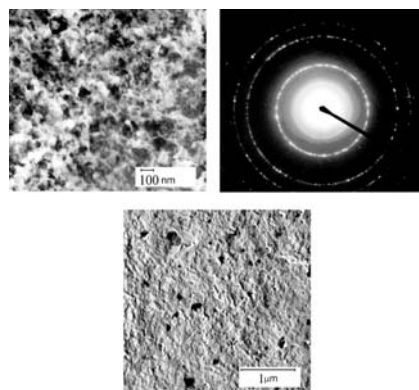


Рис. 1. Типове електронно-мікроскопічне зображення структури полікристалу, одержаного з наноалмазного порошку статичного синтезу

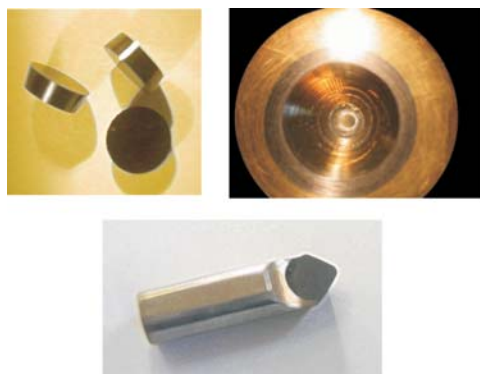


Рис. 2. Ріжучі пластини, волокна та різець

з однокристальним 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

NEW FILMCOATINGS FOR OPTICS AND OPTO-ELECTRONICS

Description

Creation of novel film forming materials is carried out on the basis of developed by us concept of adjustable stabilisation of valence state of metal due to donor-acceptor interaction between components – binary compounds. Valence state is stabilised both during synthesis of the film forming material, and during its thermal evaporation in deep vacuum. It makes receiving coatings with a high degree of perfection – both chemical, and structural – possible. In turn, it positively reveals both in optical (refractive index, factors of scattering and absorption, width of range of an optical transparency) and operational (mechanical and beam durability, stability to a damp atmosphere etc.) properties of coatings received from the materials.

Film forming materials on the basis of complex fluorides of s-metals and lanthanides, in particular systems $\text{MgF}_2\text{-LnF}_3$ (Ln-Nd, Lu) and $\text{LnF}_3\text{-Ln}'\text{F}_3$ (Ln-Eu, Yb, Ln'-Ce, Tb), for interference optical coatings with a low refractive index are developed. The materials are obtained through the fluoridation of metal oxides with further melting in an inert atmosphere. The use of the materials resulted in essential increase in reliability in operation and simplification of technology for modelling of interference coatings for laser optics, spectral divisors, optical filters and other products.

Innovative Aspect and Main Advantages

Proposed film forming materials by their optical loss (less than 0.01 %) in the coatings are competitive with the widely used ones, namely thorium fluoride (ThF_4). Additionally, proposed materials are higher in mechanical durability (0 group) as compared to ThF_4 , they also have no radioactivity.

Areas of Application

Film forming materials have wide applications in several industrial sectors:

- optical industry;
- optoelectronics.

New more effective materials were developed for interference optics of technological and eximer lasers used in:

- mechanical engineering;
- lithography;
- medicine.

Stage of Development

- Prototype is available for testing;
- License agreements and cooperation for further development are sought.



Fig. 1. Experimental samples of film forming material on the base of $\text{MgF}_2\text{-LuF}_3$ composite



Fig. 2. Experimental specimens of the optical elements for the IR spectrum divisor with the multilayered coatings on the base of $\text{MgF}_2\text{-LuF}_3$ and ZnS-GdS composites (CDO "Arsenal")



Fig. 3. Experimental specimens of the optical elements for the IR narrow-band filter with the multilayered coatings on the base of $\text{MgF}_2\text{-LuF}_3$ and ZnS-GdS composites (CDO "Arsenal")

Contact Details

A. V. Bogatsky Physico-Chemical Institute of the NAS of Ukraine

Viktor Zinchenko

86 Lustdorfska Doroga, 65080 Odessa, Ukraine

Tel.: (380) 482 66-51-55

Fax: (380) 482 65-20-12

E-mail: physchem@paco.net

РОЗРОБКА ПЛІВКОУТВОРЮЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ

Огляд пропозиції

Створення нових плівкоутворюючих матеріалів проведено на основі концепції, розробленій нами по переважній стабілізації валентного стану металу завдяки донорно-акцепторній взаємодії між компонентами – бінарними сполуками. Валентний стан стабілізується як в процесі синтезу плівкоутворюючого матеріалу, так і в процесі його термічного випаровування в глибокому вакуумі. Це уможливило отримання покриттів з високим ступенем досконалості – як хімічної, так і структурної. У свою чергу, це позитивно позначається як на оптичних (показник заломлення, коефіцієнти розсіювання й поглинання, ширина області оптичної прозорості), так і експлуатаційних (механічна й променева міцність, стійкість до вологої атмосфери та ін.) властивостях покриттів, отриманих з матеріалів.

Розроблено плівкоутворюючі матеріали на основі складних фторидів s – металів і лантанідів, зокрема систем $\text{MgF}_2\text{-LnF}_3$ (Ln-Nd, Lu) і $\text{LnF}_3\text{-Ln}'\text{F}_3$ (Ln-Eu, Yb, Ln'-Ce, Tb), для інтерференційних оптичних покриттів з низьким показником заломлення. Матеріали отримано фторуванням оксидів металів з подальшим плавленням в інертній атмосфері. У результаті використання цих матеріалів досягається істотне поліпшення надійності нанесення та спрощення технології моделювання інтерференційних покриттів для лазерної оптики, спектроподілювачів, оптичних фільтрів і інших виробів.

Інноваційний аспект та основні переваги

Запропоновані плівкоутворюючі матеріали за своїми оптичними втратами (менш за 0,01 %) у покриттях є конкурентоспроможними із широко використовуваними матеріалами, а саме фторидом торію (ThF_4). Крім того, запропоновані матеріали є вищими в порівнянні з ThF_4 за механічною міцністю (група 0), а також вони не є радіоактивними.

Галузь застосування

Плівкоутворюючі матеріали знаходять широке застосування в декількох промислових галузях:

- оптична промисловість;
- оптоелектроніка.

Розроблено нові ефективніші матеріали для інтерференційної оптики технологічних і ексімерних лазерів, які використовуються в:

- механічній обробці;
- літографії;
- медицині.



Рис. 1. Експериментальні зразки плівкоутворюючого матеріалу на основі композиту $\text{MgF}_2\text{-LuF}_3$



Рис. 2. Експериментальні зразки оптичних елементів для ІЧ спектроподілювача з багатошаровими покриттями на основі композитів $\text{MgF}_2\text{-LuF}_3$ і ZnS-GdS (ЦКБ "Арсенал")



Рис. 3. Експериментальні зразки оптичних елементів для ІЧ вузькосмугового фільтра з багатошаровими покриттями на основі композитів $\text{MgF}_2\text{-LuF}_3$ і ZnS-GdS (ЦКБ "Арсенал")

Стадія розробки:

- Дослідний зразок доступний для випробування.
- Передбачаються ліцензійні угоди й співробітництво для подальших розробок.

Контактна інформація:

Фізико-хімічний інститут ім. О. В. Богатського НАН України
86 Люстдорфська дорога, 65080 Одеса, Україна
Віктор Зінченко
Тел.: (380) 482-66-51-55; Факс: (380) 482-65-20-12
E-mail: physchem@paco.net

ATOMICALLY SMOOTH METAL SURFACES

Description

Various modifications of the method of evaporation in high electric fields are the most promising methods of forming surface of different nanometer-scale objects. However, the main obstacle to the use of this method is a super high electric field on a surface of a processed object. In such fields there are serious technological problems connected with destruction of objects under the influence of mechanical stress generated by the fields. We propose to use phenomenon of high-field evaporation of metals in dielectric liquids at low temperatures. This phenomenon was revealed and studied by our team together with University of Surrey School of Electronic (Surrey, UK) and Hahn-Meitner-Institute (Berlin, Germany). This phenomenon and process of field evaporation in active gases could be used for controlled forming of metal objects with sizes in a nanometer range. The magnitude of electric fields below the level of field evaporation in high vacuum is required for realization of high-field evaporation of metals in dielectric liquids. This opens up technological prospects for practical use of this phenomenon.

Innovative Aspect and Main Advantages

- formation of surface with a zero-level roughness (atomically smooth metal surface);
- high degree of localization of field emission;
- atomic sharpness of STM probes;
- reducing traumatic effects of microsurgical instruments.

Areas of Application

- field emitters;
- probes for scanning tunneling microscopy and nanotechnology;
- microsurgical instruments with qualitative changes of roughness level.

Stage of Development

Patents received:

- Method of fabrication of tip objects, Patent of Ukraine, UA 6607 U, 16.05.2005, Velikodnaya O. A., Ksenofontov V. A., Mikhailovskij I. M., Sadanov E. V.

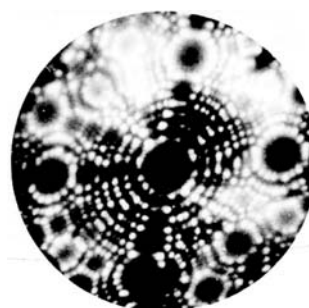


Fig. 1. Field ion microscopic images of STM probe before high-field sharpening

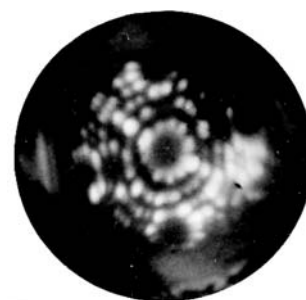


Fig. 2. Field ion microscopic images of STM probe after high-field sharpening

- Method of fabrication of tip objects, Patent of Ukraine, UA 8336 U, 15.07.2005, Velikodnaya O. A., Ksenofontov V. A., Mikhailovskij I. M., Sadanov E. V.

Contact Details

National Scientific Center, "Kharkov Institute of Physics and Technology"

1 Akademicheskaja St., 61108 Kharkov, Ukraine

Ksenofontov Vyacheslav Alekseevich

Tel.: +380 57 7002676; +380 57 7576428

Fax: +380 57 3351688

E-mail: mikhailovskij@kipt.kharkov.ua

ВИСОКОПОЛЬОВА НАНОТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ МЕТАЛЕВОЇ ПОВЕРХНІ

Огляд пропозиції

Різні варіанти випарування у потужних електричних полях є перспективними методами формування поверхні об'єктів нанометрового масштабу. Особливістю методу є створення надвисокої напруги електричного поля на поверхні об'єкту. У таких полях існує ряд технологічних проблем, пов'язаних з руйнуванням об'єктів під дією механічних напруг, спричинених електричним полем. Через те ми пропонуємо застосувати явище високопольового випаровування металів у діелектричних рідинах за низьких температур. Явище було виявлено та вивчено спільно з University of Surrey School of Electronic (Surrey, UK) та Hahn-Meitner-Institute (Berlin, Germany). Це явище та процес польового випарування у активних газах може застосовуватися для контролю формозмінення об'єктів нанометрових розмірів. Величина електричного поля при високопольовому випаруванні металів у діелектричних рідинах є нижче рівня польового випарування у високому вакуумі. Це відкриває нові технологічні перспективи для використання цього явища.

Інноваційний аспект та основні переваги

- формування поверхні з нульовим рівнем шорсткості (атомно-гладка поверхня металу);
- високий ступінь локалізації польової емісії;
- загострення на атомному рівні СТМ зондів;
- атравматичні мікрохірургічні інструменти.

Галузь застосування

- Польові емітери;
- Зонди для скануючих тунельних мікроскопів та нанотехнологій;
- Мікрохірургічні інструменти з досконалим рівнем шорсткості.

Стадія розробки:

Отримані патенти:

- Спосіб виготовлення вістряних об'єктів, Патент України, А 6607 U, 16.05.2005 р.,
- Спосіб виготовлення вістряних об'єктів, Патент України, UA 8336 U, 15.07.2005 р.

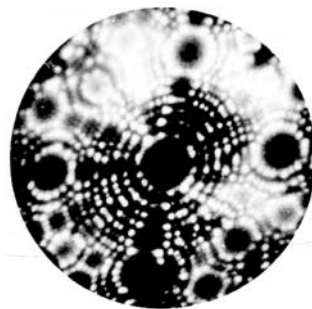


Рис. 1. Польове іонно-мікроскопічне зображення СТМ зонду до високопольового загострення

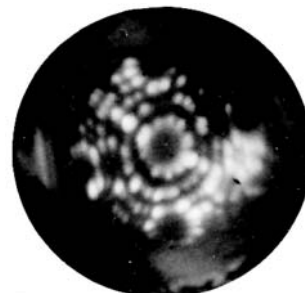


Рис. 2. Польове іонно-мікроскопічне зображення СТМ зонду після високопольового загострення

Контактна інформація:

Національний науковий центр "Харківський фізико-технічний інститут"

Вул. Академічна, 1, 61108, Харків, Україна

Ксенофонов Вячеслав Олексійович

Тел.: +380 57 7002676; +380 57 7576428

Факс: +380 57 3351688

Електронна пошта: mikhailovskij@kipt.kharkov.ua

OXIDE NANO-POWDERS FOR ADVANCED MEDICAL AND INDUSTRIAL APPLICATIONS

Description

Technology of obtaining oxide nanopowders with specified chemical, phase and granulometric composition is based on wet-chemicals methods with the use MW radiation, pulse magnetic field and ultrasonic for agglomeration prevention.

We obtain ZrO_2 (0–8 % Y_2O_3) powders with predetermined particle size in the range from 5 to 30 nm, narrow size distribution and specific surface area 140–20 m^2/g , respectively with soft agglomerates for ceramics, composites and SOFC applications.

We obtained TiO_2 (anatase) powders with predetermined particle size in the range from 5 to 25 nm, narrow size distribution, specific surface area from 150 to 50 m^2/g and soft agglomerates for catalyst and UV-protects and TiO_2 (rutile) powders with particle size 30–50 nm.

We obtained LaSrMnO_3 powders with narrow size distribution (12–15 nm) and bimodal size distribution (40,200 nm) for magnetic sensors and SOFC cathodes, and other oxide powders (PZT, Al_2O_3 based, for example).

We have a pilot line for nanopowders obtaining.

We also obtain zirconia and/or alumina ceramics with small grains for wear-resistant, structural, instrumental and functional applications. Porous ceramics obtained can be used in medicine, catalysts, filters and SOFC electrodes. We can obtain nanocomposites with metal, ceramics and polymer matrix.

We obtain PZT ceramics.

Innovative Aspect and Main Advantages

The main advantages of our technology are:

- more narrow particle size distribution;
- lower degree of agglomeration;
- predetermined particle sizes in the range of 5 to 50 nm;
- high homogenous component distribution;
- low synthesis temperature (400–700 °C);
- eliminating the mechanical grinding stage;
- easy scale-up in manufacturing;
- low sintering temperature (1250–1350 °C)
- high performance of ceramics including homogeneity, stability and durability;
- lifetime of ceramics mine pump plunger from zirconia nanopowders is 15–20 times longer than usually
- production of precise articles and films;
- lower cost, environmentally friendly;
- lower energy consumption.

Areas of Application

Power Engineering – SOFC, thermal stable coatings for turbine blades;

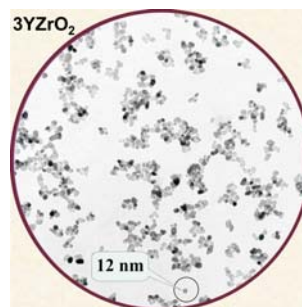


Fig. 1. Structure of 3Y ZrO_2 powders



Fig. 2. Ceramic details

Mining Industry – rods, plungers, injectors;

Chemical Industry – parts of pumps (breachblocks, valves, plungers) injectors, milling balls, catalysts, sorbents;

Metallurgy – refractory structural elements, cutting tools, guides, crucibles;

Medicine – prosthetic appliances, filters, ion-exchangers, UV-protect, capsules.

Stage of Development

Tested, available for demonstration, field tested.

Contact Details

Material Science department Donetsk Institute of Physics & Engineering National Academy of Sciences of Ukraine
Str. R. Luxemburg 72, Donetsk 83114, Ukraine
Konstantinova Tetyana Evgenevna
(062) 311-11-21
(062) 337-75-13
tatjana@konstant.fti.ac.donetsk.ua
www.donphti.ac.donetsk.ua

ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ ОКСИДНИХ НАНОПОРОШКІВ ІЗ ЗАДАНИМ ХІМІЧНИМ, ФАЗОВИМ ТА ГРАНУЛОМЕТРИЧНИМ СКЛАДОМ КЕРАМІКИ І КОМПОЗИТІВ НА ЇХ ОСНОВІ

Огляд пропозиції

Технологія отримання оксидних нанопорошків із заданим хімічним, фазовим і гранулометричним складом, базується на хімічному методі осадження та використовує НВЧ випромінювання, імпульсне магнітне поле та ультразвук для запобігання агломерації.

Ми отримуємо порошки ZrO_2 (0–8 % Y_2O_3) із заданим розміром частинок в діапазоні від 5 до 30 нм, з вузьким розподілом частинок за розмірами і питомою поверхнею 140–20 м²/г, відповідно, з м'якими агломератами для отримання кераміки, композитів і використання при виготовленні твердотільних паливних елементів.

Ми одержуємо порошки TiO_2 (анатаз) із заданим розміром частинок в діапазоні від 5 до 25 нм, з вузьким розподілом частинок за розмірами і питомою поверхнею 150–50 м²/г, відповідно, з м'якими агломератами для отримання каталізаторів і захисту від ультрафіолетового випромінювання і порошки TiO_2 (рутил) з розміром частинок (30–50 нм).

Ми одержали порошки $LaSrMnO_3$ з вузьким розподілом за розмірами (17–19 нм) і бімодальним розподілом по розмірам (40,200 нм) для магнітних датчиків і катодів SOFC.

Та інші окисні порошки, наприклад PZT Al_2O_3 .

Ми маємо пілотну лінію для отримання оксидних нанопорошків.

Ми одержуємо зносостійку кераміку на основі діоксиду цирконію і/або оксиду алюмінію з малим розміром зерна для роботи в агресивних умовах, а також конструкційну, інструментальну і функціональну кераміку. Ми одержуємо пористу кераміку для медицини, каталізаторів, фільтрів і електродів SOFC. Ми можемо одержати наноккомпозити з металом, керамікою і полімером.

Ми одержуємо п'єзокераміку.

Інноваційний аспект та основні переваги

Порівняно з іншими, наша технологія має наступні переваги:

- вузький розподіл частинок за розмірами;
- нижчий ступінь агломерації;
- можливість отримання частинок з заздалегідь заданим розміром частинок в діапазоні від 5 до 50 нм;
- більш гомогенний розподіл компонентів;
- низька температура синтезу (400–700 °C);
- усунення операції механічного подрібнення;
- легко встановити масштаб процесу у виробництві;
- низька температура спікання (1250–1350 °C);
- висока досконалість форми кераміки, включаючи однорідність, стабільність властивостей і зносостійкість;
- велика тривалість терміну використання кераміки, наприклад, термін експлуатації в умовах вугільної шахти штока мастильної станції з нанопорошку діоксиду цирконію у 15–20 разів більше, ніж у звичайного;

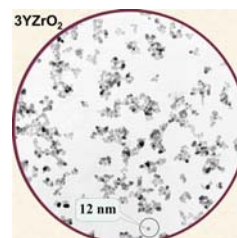


Рис. 1. Структура порошків 3Y ZrO_2



Рис. 2. Керамічні деталі

- виробництво точних деталей і плівок;
- низька вартість, екологічна чистота;
- низьке енергоспоживання.

Галузі застосування

Енергетика – паливні комірки, термостійкі покриття для лопаток турбін.

Вугільна промисловість – плунжери, штоки, інжектори.

Хімічна промисловість – частини насосів, мелючі тіла, каталізатори, сорбенти.

Металургія – вогнестійкі структурні елементи, ріжучий інструмент, направляючі, тиглі.

Медицина – протези, фільтри, іонообмінники, УФ-захист, капсули.

Електроніка – ізолятори, направляючі, датчики.

Стадія розробки

Перевірена, готова для демонстрації – проведені випробування.

Контактна інформація

Відділ фізичного матеріалознавства, Донецький фізико-технічний інститут НАН України

вул. Р. Люксембург 72, Донецьк, 83114, Україна

Константинова Тетяна Євгенівна

Тел.: (062) 311-11-21

Факс: (062) 337-75-13

tatjana@konstant.fti.ac.donetsk.ua

www.donphti.ac.donetsk.ua

NANO-CERAMIC COMPOSITES FOR WEAR-RESISTIVE APPLICATIONS

Description

We present technologies for development of ceramic nanocomposites based on SiC-C and Si_3N_4 -TiN-TiB₂ systems for using in novel generation of ceramic cutting tools, wear resistive components, radiation resistive ceramic components and for other potential applications. Such properties as high melting temperatures, hardness, chemical and thermal stability and other are successfully combined in them. Formula SiC-C means nanocrystalline (40–120 nm) beta-silicon carbide reinforced with diamond planar clusters built-into the lattice of SiC. This unique structural property provides for 40 GPa hardness in pure poreless ceramics. We found hardness of 24 GPa in nanocomposites with alumina, which also show fracture toughness around 9 MPa m^{1/2}. As a result of NATO SfP project we have built the pilot unit for production of 20 kg of SiC-C nanopowder a day. Here we propose the technology development of the nanocomposites based on SiC-C nanopowders.

Another group of nanocomposites based on nano-TiN reinforced with nano TiB₂ and Si_3N_4 particles was obtained by sintering, high-pressure sintering and spark-plasma sintering. Prototypes of cutting tools (unresharpenable tools) were tested both at room and elevated temperatures. These composites are promising tools for extra-fine finishing of metallic parts. Such parameters as hardness around 20 GPa, fracture toughness up to 8.5 MPa m^{1/2}, show high stability (grain size around 80 nm) up to 800 C which looks attractive. The best combination of properties: hardness 24 GPa, bend strength > 500 MPa, and fracture toughness of 7 MPa m^{1/2} was revealed for the TiN-25 % Si_3N_4 nanocomposite. With sintering process without pressure near fully dense (98.5 %) ceramics can be achieved and therefore, such process is promising for mass production of tools. At present we propose development of technology for ceramic cutting tools based on TiN- Si_3N_4 ceramic nanocomposites.

Innovative Aspect and Main Advantages

A very good combination of hardness and fracture toughness at room and elevated temperatures looks attractive for cutting tool application.

Technological operations are not expensive: for instance, synthesis of SiC-C is comparable with analogues by costs, pressureless sintering at moderate temperatures is used instead of hot pressing etc.

Refinement of grains is a desirable property for finishing treatment of alloyed steels and viscous metals and alloys. Stability of properties at high temperatures is promising for dry cutting operations.

We have a patent of Russian Federation concerning technology of SiC-C nanopowder synthesis, pending patents of Ukraine and know-how in technologies of TiN-TiB₂ and TiN- Si_3N_4 nanocomposites.

Areas of Application

Cutting tools, ceramic bearings, wear resistive components.

Cutting tools made from Si_3N_4 -TiN nanoceramics were tested in ALCON (Kiev, Ukraine). Wear resistive com-



Fig. 1. SiC-C nanopowders

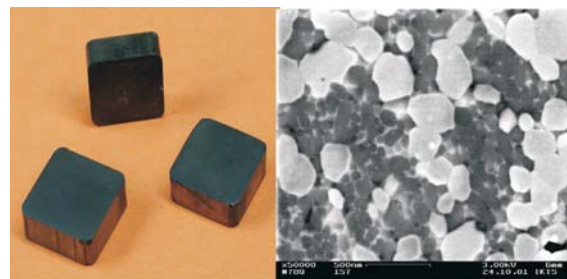


Fig. 2. TiN- Si_3N_4 multilayer cutting plates (50 % Si_3N_4 50 % TiN)

ponents based on SiC-C ceramics were examined in Baker Hughes INTEQ GmbH.

Stage of Development

The pilot unit for SiC-C nanopowder synthesis is under operation. The pilot batch of cutting tools made from Si_3N_4 -TiN nanoceramics has been prepared. Technical documentation is under preparation.

We have a patent of Russian Federation concerning technology of SiC-C nanopowder synthesis, pending patents of Ukraine and know-how in technologies of TiN-TiB₂ and TiN- Si_3N_4 nanocomposites.

We would prefer joint development of ceramic nanocomposite products with foreign partner. Licensing of technologies or development of start-up company or joint venture would be also appropriate.

Contact Details

Frantsevich Institute for Problems in Materials Science
3, Krzhizhanovski str.

Nanostructured Materials and Nanocomposites
Nanocomposites based on high melting compounds
Andrey V. Ragulya, Dr. Prof. Vice-director of IPMS

Tel.: (including code) +38-044-424-7435

Fax: (including code) +38-044-424-2131

Ragulya@ipms.kiev.ua

КЕРАМІЧНІ НАНОКОМПОЗИТИ ДЛЯ НОВОГО ПОКОЛІННЯ РІЖУЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ І ВАЖКОНАВАНТАЖЕНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОНЕНТІВ

Огляд пропозиції

Ми розробляємо технології виготовлення керамічних наноконкомпозитів на основі систем SiC-C та $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-TiN-TiB}_2$ з метою створення нового покоління керамічних ріжучих інструментів, зносостійких компонентів, радіаційно-стійкої кераміки та ін., в яких гармонійно поєднані кращі властивості тугоплавких сполук: високі температури плавлення, твердість, хімічна і термічна стабільність, тепло- і електропровідність та ін. Формула SiC-C позначає нанокристалічний (40–120 нм) бета-карбід кремнію, який зміцнений плоскими алмазними кластерами, розташованими в решітці SiC. Це унікальне структурне явище обумовлює надвисоку твердість 40 ГПа чистої безпориної кераміки. Ми встановили високу твердість 24 ГПа і для наноконкомпозитів SiC-C з оксидом алюмінію, які мають в'язкість руйнування $9 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$. В результаті виконання проекту NATO SfP ми створили технологію і устаткування для пілотного виробництва 20 кг порошку SiC-C на добу. Перспективним планом є розробка технологій і організація пілотного випуску наноконкомпозитів на основі SiC-C нанопорошків.

Інша група наноконкомпозитів на основі нано-TiN, що зміцнені наночастинками TiB_2 і Si_3N_4 отримана спіканням, спіканням під високим тиском і електророзрядним спіканням. Прототипи ріжучого інструменту (пластини, що не переточуються) були випробувані при кімнатній і підвищеній температурі. Ці композити є придатними для створення інструменту надтонкого точіння і фінішунгу металевих виробів. Твердість до 20 ГПа, в'язкість руйнування до $8,5 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$ є стабільними (розмір зерен 80 нм) до температури 800 °C. Краща комбінація властивостей знайдена для наноконкомпозиту TiN-25 % Si_3N_4 : твердість 24 ГПа, міцність на згин $> 500 \text{ МПа}$, і тріщиностійкість $7 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$. Створення такої нанокераміки використовує процес вільного спікання, що є придатним для досягнення високої щільності (98,5 %), збереження наноструктури досягнення потрібних властивостей, і виготовлення пластин інструменту.

Інноваційний аспект та основні переваги

Добра комбінація твердості і тріщиностійкості при кімнатній і підвищеній температурі є привабливою для створення керамічного ріжучого інструменту для тонкого точіння.

Технологічні операції є недорогими: наприклад, синтез SiC-C на рівні пілотного виробництва не є дорожчим за аналоги, використання вільного спікання при низькій температурі замість звичайного гарячого пресування.

Зменшення розміру зерен є бажаною властивістю для фінішної обробки нержавіючої сталі та в'язких металів і сплавів. Стабільність властивостей нанокераміки при високих температурах точіння є також дуже привабливою.



Рис. 1. Нанопорошки SiC-C

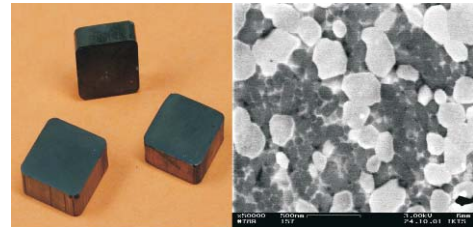


Рис. 2. Багатошарові керамічні пластини TiN- Si_3N_4 (50 % Si_3N_4 50 % TiN)

Ми маємо патент Російській Федерації про технологію виробництва нанопорошку SiC-C, заявлено патент України на спосіб отримання наноконкомпозитів TiN-TiB₂ і TiN-Si₃N₄.

Галузь застосування

Ріжучий інструмент, керамічні підшипники, зносостійкі компоненти

Ріжучі пластини, які зроблені з нанокераміки $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-TiN}$ були атестовані в компанії АЛКОН (Київ, Україна)

Зносостійкі компоненти на основі кераміки SiC-C були перевірені в компанії Baker Hughes INTEQ GmbH

Стадія розробки

Пілотне устаткування для виробництва нанопорошку SiC-C існує і працює в інституті. Пілотну партію ріжучого інструменту з нанокераміки $\text{Si}_3\text{N}_4\text{-TiN}$ виготовлено і атестовано. Технологічна документація в процесі розробки.

Контактна інформація:

Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАНУ
03142, Київ-142, вул. Кржижанівського, 3
Проф. Рагуля Андрій Володимирович
Тел.: (з кодом) +38-044-424-7435
Факс: (з кодом) +38-044-424-2131
Ragulya@ipms.kiev.ua

SURERCONDUCTING NANO-MATERIALS FOR CRYOGENIC ELECTRICAL MACHINES

Description

The aim of presented project is formation of magnesium diboride based superconducting nanostructural materials with high level of critical current density, j_c , field of irreversibility, H_{irr} , trapped magnetic field, B , microhardness, H_v , fracture toughness, k_{1c} , Young modulus, E , and density close to the theoretical one. Such materials will be effective for application in the cryogenic electrical machines (electric motors, pumps) working at the liquid hydrogen temperature (20 K). The increase of j_c and B we plan to reach using high pressure-high temperature synthesis and alloying. In the frame of the project an electromotor will be constructed based on the best of developed materials and its efficiency will be estimated. The magnesium diboride based superconductive blocks for the elements of the electromotor rotor will be produced by high pressure-high temperature synthesis.

Modern technological progress is aimed at substitution of fuel for aircrafts and combustion engines of autotransport and watertransport (submarines) by hydrogen, at the development of electrical power networks (first of all on the territory of the USA) by which the electrical power should be transmitted to big distances through the superconductive cables at the liquid hydrogen temperature and using liquid hydrogen as cooling agent. These directions caused great interest to electric machines working at the liquid hydrogen temperature. Superconductive electromotors and pumps for liquid hydrogen pumping will be in great demand when new technologies utilizing liquid hydrogen are introduced: they are more effective than traditional ones due to essentially smaller weight, considerably higher speed of operation in the reversion regime and higher specific output power on the rotor surface.

Innovative Aspect and Main Advantages

Scientific and technological approach to development of bulk materials using magnesium diboride is based on synthesis in high pressure conditions. Improved magnetic properties are to be obtained due to high material density, nano-dimensional defects and chemical doping. Special attention will be paid to technological basis of synthesis of bulk blocks with typical dimensions up to 50 mm and further selection of samples with equal parameters by frozen magnetic field estimation and measuring of the levitation force. Developed magnesium diboride based superconducting nanostructural materials should have high level of critical current density at 20 K, $j_c \geq 1000-100 \text{ kA/cm}^2$ in the fields 3–4 T, field of irreversibility, $H_{irr} \geq 8 \text{ T}$, trapped magnetic field, $B \geq 2 \text{ T}$ for the samples 30–50 mm in diameter, microhardness, $H_v \geq 15 \text{ GPa}$ at $P = 4.9 \text{ N}$, fracture toughness, $k_{1c} \geq 7 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$, Young modulus, $E \geq 220 \text{ GPa}$ and density close to the theoretical one.

One of the advantages of superconductive motors, generators and pumps is high power density due to a small size of rotor that allows an essential decrease in size (by 5–8 times) and weight, as well as achieving of high dynamics: a high angle acceleration which is especially important when a device operates under the conditions of high reverse frequency. The use of superconductive electrical machines

SUPERCONDUCTING NANOSTRUCTURAL MAGNESIUM-DIBORIDE-BASED MATERIAL FOR CRYOGENIC ELECTRICAL MACHINES

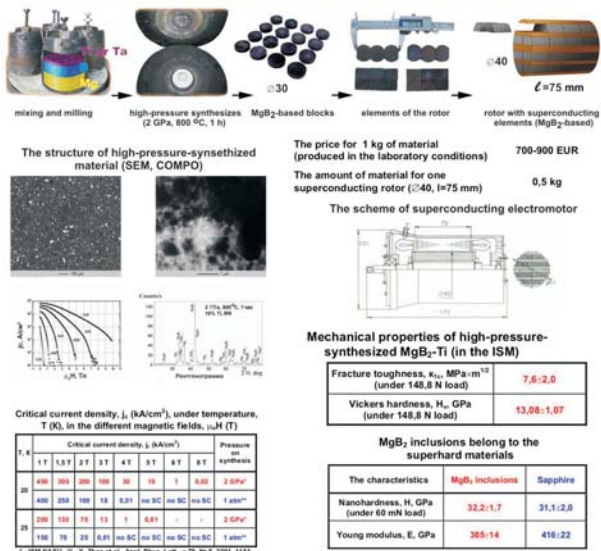


Fig. 1. Superconducting nanostructural magnesium-diboride-based material for cryogenic electrical machines

saves energy resources. Advancement in applications of the second-type superconductors in electrical machines is closely related to materials improvement, because in operation they should provide high currents in magnetic field and should withstand stresses induced by magnetic fields and temperature variations during heating-cooling processes.

Areas of Application

Electroengineering (electromotors, generators and pumps for liquid gases pumping, fault current limiters), magnetic transport (MAGLEV), fly-wheel energy storage systems

Stage of Development

National patents, know-how Development phase - laboratory tested

Contact Details

Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine
Tatiana Alexeevna Prikhna
2, Avtozavodskaya Str., Kiev 04074, Ukraine
Tel.: +380-44-430-11-26
Fax: +380-44-430-11-26
E-mail: prikhna@iptelecom.net.ua,
prikhna@mail.ru, www.ism.kiev.ua

НАПІВПРОВІДНИКОВИЙ НАНОСТРУКТУРНИЙ МАТЕРІАЛ НА ОСНОВІ ДИБОРИДУ МАГНІЮ ДЛЯ КРІОГЕННИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Огляд пропозиції

Метою даного проекту є створення напівпровідникових наноструктурних матеріалів на основі дибориду магнію з високим рівнем густини критичного струму, j_c , поля необоротності, H_{irr} , захопленого магнітного поля, B , твердості, H_V , тріщиностійкості, k_{IC} , та модуля Юнга, густини яких близька до теоретичної, і ефективних для застосування у кріогенних електричних машинах (електромоторах та насосах), що працюють при температурі рідкого водню (20 К). В рамках цього проекту на базі кращого з розроблених матеріалів буде виготовлено електромотор і оцінено ефективність його роботи. Блоки напівпровідного матеріалу на основі дибориду магнію для елементів ротора електромотора будуть одержані шляхом синтезу в умовах високих тисків та температур.

Інтерес до електричних машин, що працюють при температурі рідкого водню, обумовлений сучасним науково-технічним прогресом, спрямованим на перехід авіа, авто та водного (підводні човни) транспорту на використання в якості палива рідкого водню, а також на створення електричної мережі (в першу чергу, на території США), у якій електричний струм має передаватися на великі відстані по напівпровідним кабелям при температурі рідкого водню і з його використанням у якості холодоагенту. Тому напівпровідні електромотори та насоси для перекачування рідкого водню, які ефективніші за традиційні через значно меншу вагу, істотно вищу швидкість у режимі реверсу та більшу питому потужність на одиницю площі поверхні ротора, стануть у нагоді при переході до технологій із застосуванням рідкого водню.

Інноваційний аспект та основні переваги

Науковий та технологічний підхід до розробки масивного матеріалу на основі дибориду магнію оснований на синтезі в умовах високих тисків. Планується досягти покращення магнітних характеристик за рахунок збільшення густини матеріалу, регулювання кількості нанорозмірних дефектів структури і хімічного легування. Особливу увагу буде приділено технологічним основам синтезу масивних блоків (з розмірами до 50 мм) і атестації матеріалу за магнітними характеристиками для вибору зразків з однаковими властивостями, шляхом оцінки захопленого магнітного поля і вимірювання левітуючої сили. Напівпровідні наноструктурні матеріали на основі дибориду магнію, що розроблені, матимуть високий рівень густини критичного струму, $j_c \geq 1000-100 \text{ kA/cm}^2$ при 20 К в полях 3–4 Тл, поля необоротності, $H_{irr} = 8 \text{ Тл}$, захопленого магнітного поля, $B \geq 2 \text{ Тл}$ у зразках діаметром 30–50 мм, твердості, $H_V \geq 15 \text{ ГПа}$ при навантаженні $P = 4,9 \text{ Н}$, тріщиностійкості, $k_{IC} \geq 7 \text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, та модуля Юнга, $E \geq 220 \text{ ГПа}$, та густини що близька до теоретичної.

До переваг напівпровідних моторів, генераторів та насосів у порівнянні з традиційними слід віднести велику питому потужність, що дозволяє істотно (у 5–8 разів) зменшити їх розміри і вагу, а також досягти високої динаміки: великі кутові прискорення, які надзвичайно важливі при роботі в режимі частого реверсу, обумовлюється малими розмірами роторів. Застосування напівпровідних електричних машин веде до збере-

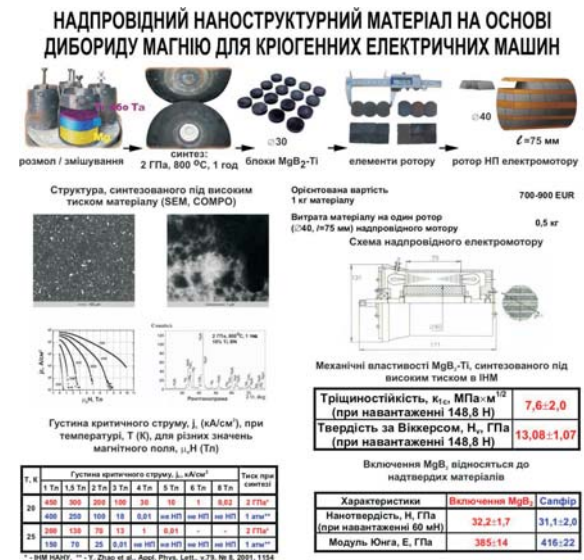


Рис. 1. Надпровідний наноструктурний матеріал на основі дибориду магнію

ження енергоресурсів. Прогрес в напрямку впровадження напівпровідників другого роду в електричні машини тісно пов'язаний з вдосконаленням напівпровідних матеріалів, оскільки в процесі роботи вони повинні забезпечувати високий рівень густини критичних струмів у магнітних полях і витримувати значні механічні навантаження, обумовлені дією магнітних полів і термічних напружень, що виникають під час нагріву або охолодження.

Галузь застосування

Електротехніка (електромотори, генератори та насоси для перекачування рідких газів, струмообмежувачі), транспорт на магнітному підвісі (MAGLEV), накопичувач енергії типу "махове колесо"

Стадія розробки

Національні патенти України, ноу-хау. Стадія розвитку – перевірено у лабораторних умовах.

Контактна інформація

Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України

Пріхна Тетяна Олексіївна
Київ 04074, вул. Автозаводська, 2

Тел.: +380-44-430-11-26

Факс: +380-44-430-11-26

prikhna@iptelecom.net.ua,

prikhna@mail.ru,

www.ism.kiev.ua