

NANO-CERAMIC COMPOSITES FOR WEAR-RESISTIVE APPLICATIONS

Description

We present technologies for development of ceramic nanocomposites based on SiC-C and Si₃N₄-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 Si₃N₄ particles was obtained by sintering, high-pressure sintering and spark-plasma sintering. Prototypes of cutting tools (unresharpable 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 %Si₃N₄ 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-Si₃N₄ 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-Si₃N₄ nanocomposites.

Areas of Application

Cutting tools, ceramic bearings, wear resistive components. Cutting tools made from Si₃N₄-TiN nanoceramics were tested in ALCON (Kiev, Ukraine). Wear resistive com-



Fig. 1. SiC-C nanopowders

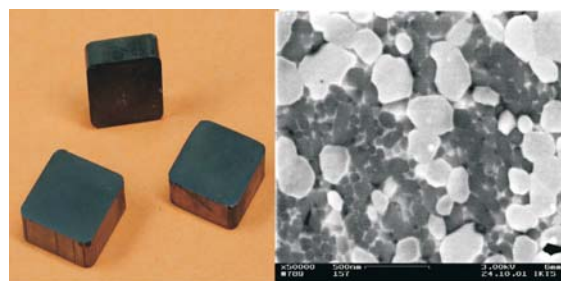


Fig. 2. TiN-Si₃N₄ multilayer cutting plates (50 % Si₃N₄ 50 % TiN)

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 Si₃N₄-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-Si₃N₄ 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 Si₃N₄-TiN-TiB₂ 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 безпористої кераміки. Ми встановили високу твердість 24 ГПа і для наноконкомпозитів SiC-C з оксидом алюмінію, які мають в'язкість руйнування 9 МПа·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 TiB₂ і Si₃N₄ 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 МПа·м^{1/2} є стабільними (розмір зерен 80 нм) до температури 800 °С. Краща комбінація властивостей знайдена для наноконкомпозиту TiN-25 % Si₃N₄: твердість 24 ГПа, міцність на згин > 500 МПа, і тріщиностійкість 7 МПа·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

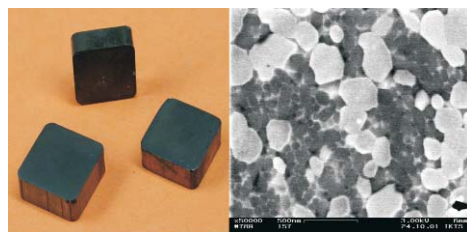


Рис. 2. Багатошарові керамічні пластини TiN-Si₃N₄ (50 % Si₃N₄ 50 % TiN)

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 Si₃N₄-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 Si₃N₄-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