



БОЧЕЧКА

Олександр Олександрович — доктор технічних наук, заступник директора з наукової роботи Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України

НАДТВЕРДІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ОБОРОННОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ПОВОЄННОГО РОЗВИТКУ УКРАЇНИ

Стенограма доповіді на засіданні
Президії НАН України 10 серпня 2022 року

У доповіді наведено найбільш важливі й актуальні результати фундаментальних і прикладних досліджень, проведених в Інституті надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, завдяки яким в Україні створено науково-технічну базу для розроблення сучасних технологій та обладнання з надтвердих матеріалів, що дає можливість значно підвищити якість і продуктивність виготовлення інструментів та деталей, зокрема для військової техніки.

Шановний Анатолію Глібовичу!

Шановні колеги!

Мабуть, я не відкрию великої таємниці, якщо скажу, що надтверді матеріали мають важливе значення для зміцнення обороноздатності та повоєнного розвитку нашої країни. До надтвердих матеріалів, крім усіх відомих алмазу і кубічного нітриду бору, належать також тугоплавкі карбіди, бориди та нітриди. Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України є провідною установою в нашій країні в галузі дослідження фізико-хімічних процесів одержання надтвердих матеріалів та створення новітніх виробів на їх основі.

Звичайно, насамперед слід приділити увагу саме алмазу. Упродовж останньої чверті століття фахівці Інституту виконують науково-технічні роботи з розроблення технологій вирощування крупних структурно досконалих монокристалів алмазу. Отримані результати відкривають широкі перспективи використання алмазної продукції для прецизійної механічної обробки матеріалів, застосування її в електроніці, лазерній техніці, аерокосмічній, автомобіле- і суднобудівній та інших галузях промисловості і дозволяють істотно зменшити метало- та енергомісткість виробів, підвищити їхні характеристики, а отже, забезпечити надійність і довговічність під час експлуатації.

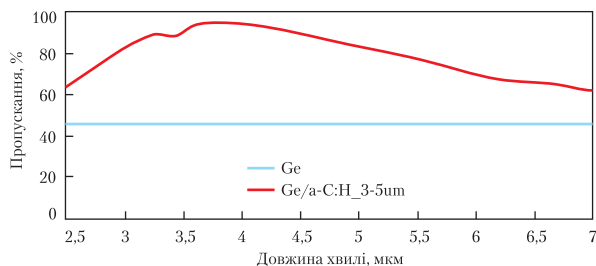


Рис. 1. Спектральна залежність коефіцієнта пропускання германієвої пластини з осадженими на ній з обох боків чвертьхвильовими алмазоподібними плівками

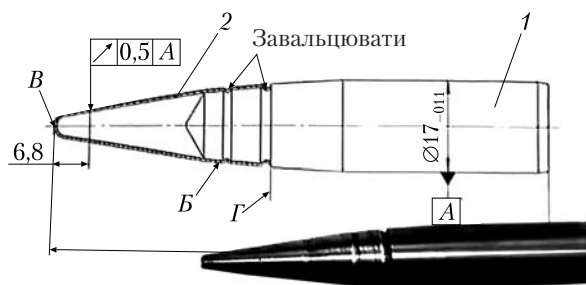


Рис. 2. Бронейбійне осердя з твердого або важкого вольфрамового сплаву

Наведу такий приклад. У 80-х роках минулого століття в нашому Інституті було розроблено високоомний матеріал на основі кубічного нітриду бору — теплоніт з теплопровідністю на рівні 400–500 Вт/(м·К), який успішно впроваджено у промисловість для виготовлення тепловідводів. На сьогодні ми створили технології, які дають змогу методом температурного градієнту вирощувати структурно досконалі монокристали алмазу типу ІІа масою понад 8 каратів і з теплопровідністю близько 1800 Вт/(м·К).

В Інституті розроблено наукові та інженерно-технологічні засади виготовлення захисних та просвітлювальних покриттів на основі аморфних гідрогенізованих алмазоподібних вуглецевих плівок методом їх плазмохімічного осадження, які використовують для зовнішніх поверхонь оптичних систем військової техніки.

Отримано чвертьхвильові алмазоподібні плівки, осаджені на обидві сторони германієвих оптичних елементів, коефіцієнт пропускання яких в інтерференційному максимумі досягає 95 % в діапазоні довжин хвиль 3–5 мкм та 83 % в діапазоні довжин хвиль 8–12 мкм (рис. 1). Крім того, таке покриття згладжує поверхню і суттєво зменшує шорсткість, а саме: на германії — з 100–124 до 5–8 нм, на кремнії — з 20–26 до 5–8 нм, а також у 1,5 раза підвищує твердість германієвих деталей.

Наявні в Інституті обладнання та технології порошкової металургії дають змогу одержувати деталі з твердого сплаву, а створені алмазні інструменти — надавати їм складної форми з високою точністю виготовлення. Ці розробки було успішно використано для виробництва деталей бронейбійних підкаліберних снарядів, а також бронейбійних осердь з твердого або важкого вольфрамового сплаву (рис. 2).

Зазначені вище технології, а також апаратуру високого тиску застосовують в Інституті для спікання легких ($\rho = 2,63 \text{ г/см}^3$) кераміко-композиційних блоків, які використовують для виготовлення засобів індивідуального захисту та захисту легкої броньової техніки. Композиційні броньові блоки складаються з керамічних броньових елементів та удароміцного високоадгезійного полімерного компаунду, який зберігає свої експлуатаційні характеристики в температурному діапазоні від -30 до $+50$ °С. Балістичні випробування, проведені в Державному науково-дослідному інституті МВС України, показали, що броньова плита, що складається з 10-міліметрових блоків зі сплаву 78 % B_4C –22 % SiC і загорнута у склотканину, просочену поліуретаном, може протистояти пострілу кулі В32 калібру 7,62 мм з кінетичною енергією 3,7 кДж, зробленому з відстані 10 м. Результати випробувань свідчать, що розроблений матеріал можна використовувати для виготовлення засобів індивідуального захисту найвищого ступеня.

Створення твердосплавного інструменту складного профілю дозволило розвинути технології фінішної обробки внутрішніх поверхонь стволів на основі холодного пластичного

деформування, які розвивалися в Інституті від початку його заснування. Застосування технології деформуючого протягування (рис. 3а) дає змогу уникнути використання складного і високоартісного обладнання, в кілька разів збільшити продуктивність фінішної обробки та отримати деформаційне зміцнення поверхневого шару, що сприяє підвищенню живучості ствола. Технологія редукування на фасонній оправці (рис. 3б) дозволяє істотно знизити залишкову пластичність матеріалу осколкової сорочки авіаційної бомби і, відповідно, зменшити частку енергії вибуху, яка витрачається на її руйнування, збільшити частку енергії на розкид осколків і, як наслідок, підвищити ефективність спрацювання боеприпасів.

Завдяки тому, що в надтвердому матеріалі на основі кубічного нітриду бору поєднуються такі характеристики, як висока твердість, термостабільність та хімічна інертність до оброблюваного матеріалу, вдалося досягти вагомих результатів у його використанні як робочого елемента інструменту для зварювання і модифікації тертям з перемішуванням. З використанням матеріалу Киборит-2 розроблено технологічні прийоми наплавлення міді і нікелю на мідні пластини великої товщини методом наплавлення тертям з перемішуванням. Зараз ми працюємо над створенням інструменту для здійснення процесу зварювання тертям з перемішуванням сталей та жароміцних сплавів для виготовлення деталей авіаційних двигунів.

Одним з основних напрямів діяльності Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України є розвиток наукових основ створення новітніх високих технологій обробки металів і неметалів інструментом з надтвердих матеріалів, а також розроблення методів і технологій застосування функціонально орієнтованих матеріалів у базових галузях промисловості. Результати, отримані за цим напрямом, дозволили створити алмазні інструменти і технологію прецизійної правки абразивних кругів для виготовлення високоточних деталей авіаційних двигунів, підвищити продуктивність абразивної обробки кругами з кубічного нітриду бору високоточних зубчастих коліс,

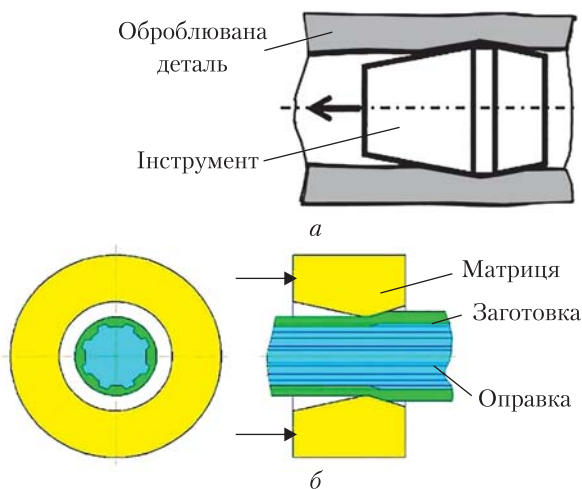


Рис. 3. Схеми технологій фінішної обробки: а — деформуючого протягування; б — редукування на фасонній оправці

забезпечити виготовлення з кераміки деталей двигуна і торцевих ущільнень.

Розробки Інституту вже впроваджено на провідних стратегічних підприємствах України, зокрема на Державному підприємстві «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря» — «Машпроект», ТОВ «Укрекспо-Процес», ДП «Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» імені академіка О.Г. Івченка», ПАТ «Мотор Січ», ДП «Луцький ремонтний завод «Мотор», ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод», ПАТ «Гідросила АПМ», ТОВ «Южстанкомаш».

Слід зазначити, що станом на січень 2022 р. всі шліфувальні інструменти з кубічного нітриду бору на керамічних зв'язках, які використовувалися в Україні, імпортувалися з РФ. Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України — єдина вітчизняна організація, яка розробила альтернативну технологію виготовлення такого інструменту із застосуванням як зв'язки кераміки на основі ціанового естеру дифенілолпропану з мультиграфеновою структурою.

Сьогодні у світі широко розробляють нові полімерні оптичні матеріали, які застосовують в оборонній та аерокосмічній промисловості,

фізиці високих енергій, ядерній медицині та атомній енергетиці, зокрема для детекторів іонізуючого випромінювання, сцинтиляторів для реєстрації космічного випромінювання, сцинтиляційних детекторів, авіаційних органічних стекл. Співробітники нашого Інституту також активно працюють над розробленням нових технологій шліфування, полірування, свердлення неметалевих деталей оптоелектронної техніки.

Ще один напрям, який розвивається в нашому Інституті, пов'язаний з підвищенням ефективності використання бурового інструменту завдяки оснащенню його елементами термостійкого алмазовмісного композиту. Так, при бурінні геологорозвідувальних свердловин у твердих абразивних породах в ідентичних геолого-технічних умовах було досягнуто збільшення механічної швидкості буріння в 1,1–1,7 раза, а середньої швидкості проходки на один буровий інструмент – в 1,9–3,6 раза порівняно зі звичайним буровим інструментом. Ці

результати підтверджено технічними актами виробничих випробувань.

На завершення хотів би привернути вашу увагу до такої розробки, як створення технології синтезу детонаційного наноалмазу з виходних речовин. Значний внесок у розвиток цього напрямку, крім співробітників Інституту надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України, зробили науковці Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України. Вихідною сировиною для отримання детонаційного наноалмазу є суміші тротилу (2,4,6-тринітротолуолу) та гексогену (циклотриметилентринітраміну). Отже, речовини, які сьогодні використовують для знищення противника, після перемоги України слугуватимуть відновленню і подальшому розвитку економіки нашої держави.

Дякую за увагу!

За матеріалами засідання підготувала О.О. Мележик

Oleksandr O. Bochechka

V. Bakul Institute for Superhard Materials
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5728-891X>

SUPERHARD MATERIALS FOR DEFENSE INDUSTRY
AND POST-WAR DEVELOPMENT OF UKRAINE

Transcript of scientific report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine,
August 10, 2022

The report presents the most important and relevant results of fundamental and applied research conducted at the Bakul Institute for Superhard Materials of the NAS of Ukraine, thanks to which a scientific and technical base for development of modern technologies and equipment from superhard materials was created in Ukraine, which makes it possible to significantly increase the quality and productivity of tools and parts manufacture, in particular for military equipment.