

## 聯盟電子報第二期

### 主持人序：

近年全球地緣政治風險升高，從俄烏戰爭、中東衝突到印太局勢變化，各國皆加速投入新世代國防科技。其中，「材料科技」正成為決定裝備性能與戰場生存力的重要關鍵。

在眾多先進陶瓷材料中，**B<sub>4</sub>C** ( Boron Carbide, 碳化硼 ) 因具備「超高硬度、超低密度、中子吸收能力強」等特性，被視為全球軍工體系中的戰略級材料。其應用已從傳統防彈裝甲，逐步擴展至無人機、航太、核能防護與高超音速載具等領域。

尤其在現代戰場逐漸朝向輕量化、無人化、高機動化及電磁與核防護整合的趨勢下，**B<sub>4</sub>C** 不再只是單一防護材料，而是未來「多功能軍工材料系統」的重要基礎。

對台灣而言，在無人機、航太零組件、精密加工與先進鍍膜產業具備完整供應鏈基礎下，若能結合 **B<sub>4</sub>C** 材料技術，將有機會切入新一代國防與高值化製造市場。

本期電子報將從材料特性、國際軍事應用、台灣發展現況到未來商機，帶您快速掌握 **B<sub>4</sub>C** 在國防科技中的關鍵角色。

簡順億

115 年 6 月 3 日

## B<sub>4</sub>C 在國防科技應用：

# B<sub>4</sub>C 在國防科技應用

先進工程陶瓷「碳化硼」之核心技術價值與戰略機遇剖析

B<sub>4</sub>C [Boron Carbide] Technical Briefing · 國防與高性能陶瓷產業聯盟

材料科學與基本定義

## 什麼是 B<sub>4</sub>C？（先進工程陶瓷）

### BORON CARBIDE 碳化硼

碳化硼 (B<sub>4</sub>C) 為人工合成之超硬無機材料，擁有極強的共價鍵晶格結構，因其具備超硬硬度與低膨脹係數的完美結合，被譽為當代最重要的輕量化防護陶瓷之一。

### 5 大核心科學特性

超硬硬度 (僅次鑽石、立方氮化硼)  
高耐磨損與高耐洩性

低膨脹係數 (鋼材約 10，僅 2.52g/cm<sup>3</sup>)  
極強的抗中子輻射能力

| 物理與化學性質            | 標準數值                     | 國防防衛優勢                          |
|--------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 密度 (Density)       | 約 2.52 g/cm <sup>3</sup> | 實現 極具 輕量 化 裝 備 裝 甲 化            |
| 硬度 (Hardness)      | HV 2800 - 3200           | 高 抗 穿 透 性，能 有 效 抵 禦 穿 甲 彈       |
| 熔點 (Melting Point) | 約 2450°C                 | 在 高 溫 環 境 下 能 保 持 結 構 下 保 持 性 能 |

B4C 國防科技應用 | 核心特性



B4C 國防抗衝擊與超硬度輕量防護組件

資料來源：  
<https://www.facebook.com/ng.wawos/posts/%E7%B6%93%E9%81%8E%E5%BD%88%E9%81%93%E6%B8%AC%E8%A9%A6%E7%9A%B4%E5%92%8C%E6%88%90-hcg-%E4%B8%89%E7%B4%9A%E5%92%8C%E5%9B%9B%E7%B4%9A%E6%8A%97%E5%BD%88%E6%9D%BF/1235667311934894/>

## 為何軍工與防衛領域如此重視 B<sub>4</sub>C?



### 1. 輕量化防護

在同等防護等級下，相較傳統氧化鋁或鋼裝甲，B<sub>4</sub>C 可大幅減輕裝甲的笨重，減輕車載與軍用直升機的負擔。這不僅降低燃料消耗，更顯著提升機動性與續航里程。



### 2. 高硬度抗穿透

B<sub>4</sub>C 擁有極高之硬度，在承受高速彈頭衝擊的瞬間，能發揮強大物理阻力，其結晶表面能迅速硬化並粉碎彈頭，並在極短時間內分散衝擊能量，有效抵禦致命侵蝕。



### 3. 中子吸收能力

B<sub>4</sub>C 晶格中富含高比率的中子元素 (<sup>10</sup>B)，具有優異的中子吸收效能，這使其在核反應爐控制棒、核電防護、放射性屏蔽以及潛艇核反應安全結構中具有不可替代性。

## 國際主要國家 B<sub>4</sub>C 國防戰略應用現況

### USA 美國

- ◉ 增強型防彈插板 (ESAPI)：廣泛部署於一線作戰人員戰術背心。
- ◉ 軍用直升機：作為黑鷹 (UH-60) 與阿帕契 (AH-64) 乘員座艙之關鍵防護。

### KOR 韓國

- ◉ 下一代陸軍裝甲：規劃於新式 K2 主戰坦克與步兵戰車上大量導入 SiC/B<sub>4</sub>C 複合陶瓷裝甲，同時確保高機動性與反應敏捷。

### IND 印度

- ◉ 防研發組織 (DRDO)：主研並開發 B<sub>4</sub>C + UHMWPE (超高分子量聚乙烯) 複合陶瓷與纖維陶瓷背心，達成國防自主。

### EUR 歐洲

- ◉ 航太與先進科研：應用於歐洲太空隕雨 (ESA) 探測器、軍用衛星表面抗高輻射裝甲防護層，以及高能粒子物理設施的中子屏蔽。

## B<sub>4</sub>C 在無人機與航太的重要性

核心訴求：「更輕、更硬、更耐極端環境」

現代無人機在不對稱作戰中佔據主線地位，如何在高沙塵、強擾、極端溫度和敵方小口徑武器威脅下生存，並保持高滯空時間，是設計的重大考驗。B<sub>4</sub>C 的高比強度與輕便自重恰好完美解決此痛點：

- 防護模組：包圍核心飛行艙、感測器及高價偵光感雲台，用超硬片板替。
- 高耐磨與耐震：作為引擎高壓排氣口、傳動軸承之陶瓷塗層與保護組件。
- 燒防護系統：航太載具在大氣再入或高速度飛時，提供絕熱平衡屏障。



## 台灣在 B<sub>4</sub>C 陶瓷科技的戰略切入機會

### 強大製造體系，打入全球亞太防務供應鏈

台灣擁有國際一流的精密機具、半導體製造與高附加價值技術，結合此三項優勢，能迅速轉化為不對稱國防高零件的核心輸出：

- 導軌向導精密加工
- 無人機防禦自主
- 數控兩用先進材料



利用現有半導體精密加工、CNC 與高壓超聲波切割技術，突破 B<sub>4</sub>C 超高硬度陶瓷「難加工」的工藝瓶頸。



結合台灣成熟的 PVD/CVD 塗層產線，研發超硬度 B<sub>4</sub>C 複合塗層，提升金屬抗高磨損與耐高溫腐蝕能力。



配合政府國防無人機、AI 軍用系統自主化政策，直接切入機體結構的深防護殼、高壓引擎核心噴嘴的設計與代工。

## B<sub>4</sub>C 陶瓷下一波前沿技術發展方向

### 01

#### 複合材料化

開發 B<sub>4</sub>C+金屬、聚合物或陶瓷材料，降低材料脆性、增大化提升其抗拉斷裂強度，以滿足大剝差與載應用。

### 02

#### 功能一體化

除了硬質屬性的「物理防禦」，更整合高導熱、導電屏蔽甚至內應阻、溫度感測等，研發多維度「智慧防護裝甲」。

### 03

#### AI與無人系統整合

配合次世代智慧無人載具、AI 地圖自主載具，發展模組化、可快速更換且高生存率的輕便防護系統結構。

### 04

#### 增材製造 (3D列印)

推動 Binder Jetting/SLA 等 3D 列印直接成型技術，克服精密零件加工難點，降低材料浪費高達 70% 並縮短生產時程。

## B<sub>4</sub>C 高性能工程陶瓷跨領域商機價值鏈

| 核心領域  | 關鍵產品與技術應用方向                     | 核心市場發展動力來源                   |
|-------|---------------------------------|------------------------------|
| 國防防裝  | 軍用 ESAPI 防裝板、戰車與直升機裝甲板、無人機電子管外殼 | 地緣政治風險上升、各國提升軍用生存與載具機動力      |
| 航空航太  | 高溫推進器燃燒室耐腐蝕噴嘴、渦輪機防磨損葉片、太空導航防護面板 | 新世代超音速載具與低軌衛星至需求，降低火箭燃料成本    |
| 核能屏蔽  | 反應堆控制棒、中子吸收屏蔽層、核電廠放射性廢棄物儲存桶內襯   | 乾淨核能技術升級與各國高規格核能射線屏蔽安全法規     |
| 半導體封裝 | 高良率高導熱基板、晶圓載帶傳輸零件、刻蝕製程耐腐蝕陶瓷噴嘴   | 半導體封裝向微縮高精密演進，提升晶片製程污染與耐化學腐蝕 |
| 高性能車用 | 頂級跑車與特種載具之碳化硼/硼纖維陶瓷耐高溫噴嘴與耐腐蝕噴嘴  | 高性能、極限高溫下的耐熱耐腐蝕性能與耐用度升級      |

## 本聯盟在 B<sub>4</sub>C 國防科技之合作方向



### 核心技術共同開發

聯合研發 B<sub>4</sub>C 金屬/複合耐腐蝕膜、前輪 3D 列印 無切削  
自高溫燒成爐技術，充磁加工廠站，建立在強化自主材  
料掌握處力。



### 完整性能驗證體系

提供材料高精密磨削測試、低溫凍結動力學穩定性分析  
、多規格耐腐蝕性能評估，加速產出符合軍規與半標  
規格標準之製成。



### 精準對接產業導入

精準台灣零件代工夥伴，從小規模樣品試單起導入、  
客製化工程自高開發，無縫換軌目前先進軍用的高性能  
耐腐材料供應商。

## CONCLUSION & SUMMARY

「未來戰場的競爭，不只是武器系統的競爭，更是材料科技的競逐。」

」

B<sub>4</sub>C (碳化硼) 正從傳統的傳統防護材料，逐步演進為新世代「無人化、輕量化、高機動化」 最新科技發展中的起  
點戰略核心。

對台灣而言，這不只是一門國防衛安命題，更是台灣傳統製造與代工業向高價值化、高技術門檻、先進材料科技升級，並切入  
全球高階商務供應鏈的歷史關鍵機遇。

## 聯盟之光：

### 明志科大衍生企業億金技術獲經濟部 TREE Award 榮耀獎項 科研創業潛力獲肯定

明志科技大學材料工程系簡順億老師團隊(億金技術)，在 2026 年經濟部「研究機構創業潛力獎」( TREE Award ) 激烈競爭中，歷經近百隊申請競賽、分組 9 隊初選與 3 隊決選的等嚴格考核，最終脫穎而出，於 6 月 2 日在 2026 InnoVEX 新創展區獲頒 TREE Award 特別獎，並獲得 30 萬元獎金。此殊榮不僅表彰明志科大推動科研成果產業化的卓越成果，更凸顯億金技術在金屬表面處理技術上深厚研發能量獲得肯定。

近期，億金技術更投入外骨骼動力服的輕量化設計與研究，透過創新表面處理技術降低重量，同時提升耐用性與性能，積極回應軍民兩用及高性能設備的需求。此外，因應國內半導體產業需求，團隊也積極規劃切入半導體 AI 伺服器液冷散熱模組的表面鍍層研究，開發高效率液冷散熱解決方案，以提升 AI 伺服器運作穩定性，並降低能耗。



## 國防技術訊息：

中科院參加 2026 年 XPONENTIAL 無人載具與自駕系統展打破三項紀錄，包括無人機首度參展、首度加入「台灣館」，以及首度成為美國認可的合格國防供應商，為國造武器輸出營造「突破口」。

特別是中科院通過資安合格認證，CMMC(Cyber security Maturity Model 資通安全成熟度認證模型 2.0 Certification 2.0) 的合格證書，可說是未來國造無人機大量生產，和對外輸出的「機會之窗」。



資料來源：Yahoo 新聞

中科院投入軍用機器狗的研發，於 6 月 2 日假國防部對外公開可用於偵搜、攻擊的 3 種機器狗，是以美國軍規 Ghost Robotics Vision 60 機器狗為平台，整合自製的光達 (LiDAR) 結合熱影像辨識、光電偵搜、遙控槍塔等 3 種任務酬載系統，研發而成光達型、偵搜型及火力型機器狗，將可賦予機器狗執行營區巡檢、公共場域安全維護及設施防護等應用。



資料來源：信傳媒

## 歡迎加入材料革新行列

誠摯邀請您與我們共同建構國防科技材料生態系

### 聯繫資訊

計畫主持人：簡順億 副教授

**Email**：SYJian@mail.mcut.edu.tw

**電話**：(02) 2908-9899 分機 6319

243303 新北市泰山區貴子里工專路 84 號

掃描下載入會申請書



Union of Special Materials Application