

## 2. 高速成膜した c-BN 膜の評価と応用

所属：材料技術部

氏名：山下 満

### 要 旨

立方晶窒化ホウ素 (c-BN) 工具は高い硬度と高い化学的安定性を有しており、高速回転・高送りにシフトする切削加工分野において、更なるコスト削減の切り札として期待されています。本研究では、神港精機 (株) 製の量産装置で成膜された窒化ホウ素膜を対象に、c-BN の結晶性評価、および、c-BN コート工具としての切削性能評価を行い、工具等の超硬質皮膜として優れた性能を確認しました。

### ポイント

- 効率化・コスト削減 ⇒ 切削加工の更なる高速回転・高送りの実現が鍵！
- c-BN：ダイヤモンドに次ぐ硬さ、鉄系の被削材にも適用可能な化学的安定性  
⇒ 高速切削加工工具の超硬質皮膜として期待
- 神港精機 (株) 製の量産装置で成膜した窒化ホウ素膜の物性評価、加工特性評価  
⇒ 切削工具のコーティング皮膜として優れた性能を確認

### 内 容

c-BN コーティング膜断面の高分解能透過型電子顕微鏡像を図 1 に示します。耐摩耗性を高める c-BN 組織 (赤丸) と、それらを繋ぎ合わせる役割の乱層構造の窒化ホウ素が観察されました。これらがバランス良く分布することで、高い耐剥離性が保持されています。また、c-BN をコーティングした工具は耐化学反応特性と切削性能が向上しており、超高速切削速度 600m/min で良好な切削を確認しました。

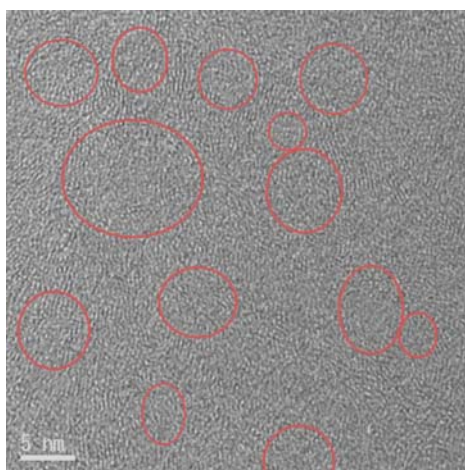


図 1 高分解能透過型電子顕微鏡像  
(赤丸は c-BN 相当の組織)

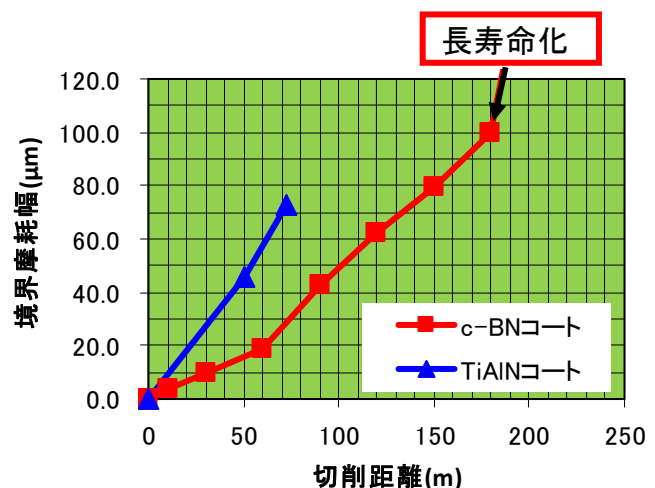


図 2 切削距離と磨耗量の関係

図 2 は S55C を切削した際の切削距離と磨耗量を評価したグラフです。従来から利用されている Ti 系コートに比べ、非常に耐摩耗性に優れた切削特性を確認しました。

## ☆ 研究の背景

立方晶窒化ホウ素 (c-BN) は、ダイヤモンドに次ぐ高い硬度を有する物質で、熱的にも安定であり鉄系材料との反応性が小さいため、ダイヤモンドでは不可能であった**鉄系金属の加工**ができる工具材料として、鉄系硬質材料の研削・研磨用の砥粒や切削工具材として広く利用されています。近年、**高速回転・高送り**にシフトする切削加工分野においては、コスト削減の切り札として大いに期待されています。

### ②磁界励起イオンプレーティング装置(AIH-16110SB型)

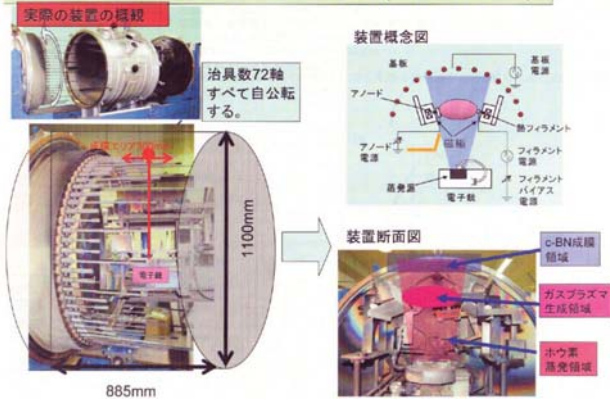


図1 神港精機(株)が開発したc-BN量産成膜装置

本報告では、**神港精機(株)**の**量産装置**により、『**脆い**』という欠点を克服して実用化された窒化ホウ素膜を対象に、c-BNの**結晶性評価**、および、c-BNコート工具としての**切削性能評価**を行った結果について報告します。

## ☆ 実験結果

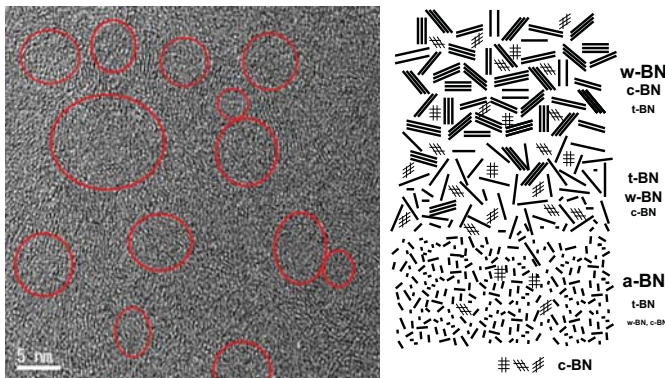


図2 高分解能透過型電子顕微鏡像(赤丸はc-BN相当の組織)と窒化ホウ素膜断面のモデル模式図

収束イオンビーム(@若狭湾エネルギー研究センター)で**薄片化**したc-BNコーティング膜**断面**の**高分解能透過型電子顕微鏡像**を図2に示します。耐摩耗性を高める**c-BN組織**(赤丸)と、それらを繋ぎ合わせる役割の**乱層構造**の窒化ホウ素が観察されました。(図2の模式図参照) また、c-BNをコーティングした工具は耐化学反応性と切削性能が向上しており、超高速切削速度600m/minで良好な切削を確認しました。図3はS55Cを切削した際の**切削距離**と**磨耗量**を評価したグラフです。従来から利用されているTi系コートに比べ、**非常に耐摩耗性に優れた**切削特性を確認しました。

## ☆ まとめ

神港精機の磁界励起イオンプレーティング装置で成膜された窒化ホウ素膜は、c-BN組織と乱層構造の窒化ホウ素が互いにバランス良く分布することにより、高い耐剥離性が保持されていると考えられる。

この膜をコーティングした工具は、超高速切削速度600m/minで良好な切削を示しており、従来から利用されているTi系コート工具に比べて長寿命化を確認した。

### 立方晶窒化ホウ素の現状

立方晶窒化ホウ素は天然には存在しないため、通常、ダイヤモンドと同じように高温・高圧条件下で**人工的に合成**して作られます。現在市販されているc-BNの焼結体は、c-BNの粉末と**結合材(バインダー)**を混合して、超高压高温下で製造されていますが、その際、用いられるバインダーの種類や添加量によってc-BN焼結体の機械的・熱的特性は大きく左右されます。

切削工具用に市販されている立方晶窒化ホウ素には、c-BN粒子同士が直接結合してバインダーが分散している多結晶タイプと、窒化ホウ素粒子がバインダー中に分散しているコンポジットタイプに大きく分かれます。多結晶タイプは、**鋳鉄や耐熱合金**の加工用として、コンポジットタイプは**焼入鋼**の加工用としてそれぞれに優れた特性を持ちます。このような特性を活かして、c-BNは、エンジンブロックやギア、シャフト、ベアリングなどの自動車部品などの**鉄系硬質材料の高効率切削加工工具**に使用されています。また最近、バインダーを含まないc-BN単相のバインダレスc-BN焼結体が開発されました。c-BN粒子を微粒に制御したバインダレス焼結体は、高温下でも高い硬度や強度を持ち、熱伝導率も高く、熱的な安定性にも優れています。このようなバインダレス化・微粒化により、切削加工を更に高速化、高能率化することが可能になると考えられており、次世代の切削工具材として注目されています。

焼結体 ⇔ 脆い

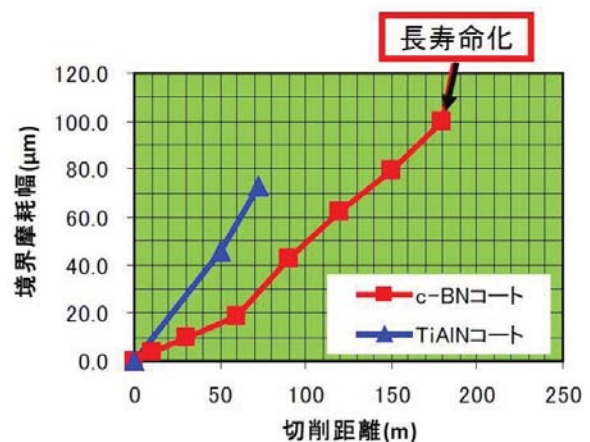


図3 切削距離と磨耗量の関係