

## AIP + UBMS 複合成膜機で形成したナノ積層硬質膜

山本兼司\*・久次米進\*\*・高原一樹\*\*

\*技術開発本部 材料研究所 \*\*機械エンジニアリングカンパニー 高機能商品部

近年、切削工具やしゅう動部品向けの TiAlN や CrN に代表される硬質皮膜は、より過酷な環境において高い耐摩耗性が要求されていることから、元素添加による皮膜硬度や耐酸化性などに関する特性改善の研究開発が盛んに行われている。当社は、上記硬質膜（トライポコーティング）に求められる性能の高度化・多様性に対応すべく、アークイオンプレーティング法（Arc Ion Plating, 以下 AIP）とアンバランスマグネトロンスパッタ法（UnBalanced Magnetron Sputtering System, 以下 UBMS）を組合わせた複合成膜装置を上市している。

当社は、この複合成膜装置を使用してナノ積層構造を有する硬質膜を形成し、硬度や耐酸化特性などの飛躍的性能アップに成功した。以下にその概要を説明する。

### 1. ナノ積層硬質膜の形成

図 1 に示したのは、量産型の複合成膜装置の模式図である。被処理体は中央の自公転するステージ上に搭載され、ステージの回転に合わせて成膜中に各々の蒸発源前方を通過することにより、AIP 蒸発源及び UBMS 蒸発源で形成された層が積層され、ナノ積層膜となる。AIP で形成する層は TiAlN, TiCrAlN, CrN, UBMS で形成する層は SiN, BCN, WN などであり、多彩な組合せによるナノ積層膜が形成可能である。写真 1 に CrN/BCN ナノ積層膜の透過電子顕微鏡像観察例を示す。AIP で形成した CrN 層と UBMS で形成した BCN 層の積層状態が観察される。

### 2. ナノ積層化の効果

ナノ積層化の効果の一つは、皮膜を構成する結晶粒の微細化による高硬度化である。写真 1 に示したように、結晶構造の異なる層を組合わせることにより結晶粒の垂直方向への成長が中断され、結晶粒が微細化する。図 2 に、CrN/BCN 積層膜の基板回転数と硬度・結晶粒径の関係を示す。基板回転数の増加すなわち積層周期が小さくなるに伴い、結晶粒微細化効果により皮膜が高硬度化する。また、積層する物質を選択することで、耐酸化性（SiN, WN）、しゅう動特性（BCN）の向上が可能である。

### 3. 応用例

図 3 には、実際の切削工具に従来の TiAlN 膜及びナノ積層膜を形成し、高硬度材（SKD61：HRC50）の高速・ドライ（220m/min）切削試験を実施した結果を示している。従来の TiAlN 膜が約 50m で摩耗過多となり寿命に至っているのに対し、BCN あるいは SiN を積層したものはその倍の 100m 切削しても摩耗量は半分以下となる。

以上、複合成膜装置を用いて形成したナノ積層硬質膜の特性を紹介した。今後、本技術を複合成膜装置とともに広くユーザに PR していく予定である。

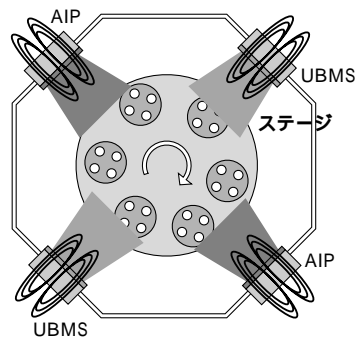


図 1 量産型複合成膜の模式図

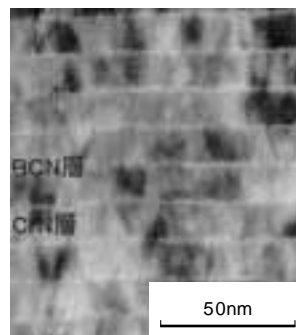


写真 1 複合成膜装置で形成した CrN/BCN ナノ積層膜の断面 TEM 像

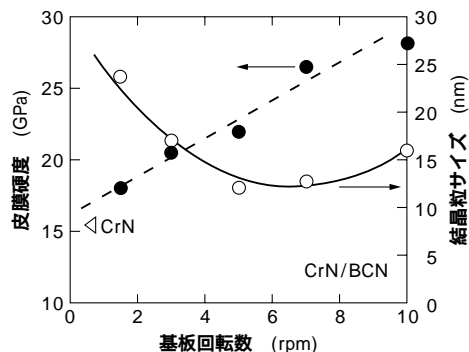


図 2 CrN/BCN ナノ積層膜形成時の基板回転数と硬度・結晶粒径の関係

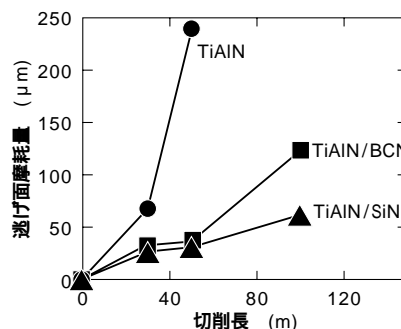


図 3 通常の TiAlN 膜及びナノ積層 TiAlN 膜の高硬度材の高速切削試験結果