

アーキオンプレーティング法による CrN 皮膜中のドロップレットの形態

キーワード：キーワード：アーキオンプレーティング、ドロップレット、バイアス電圧、突起形成

はじめに

金属部品の耐摩耗性や耐食性などを向上させるため、金属の表面に化合物を被覆することが盛んに行われています。化合物の被覆法には CVD(化学蒸着)法、PVD(物理蒸着)法、溶射法など様々な方法がありますが、アーキオンプレーティング(AIP)法による皮膜は密着性に優れているため、切削工具や機械部品に対して TiN や CrN などの化合物を被覆する手法として広く用いられています。

しかし、AIP 法ではサブミクロンから数ミクロンの大きさの熔融粒子(ドロップレット)が皮膜に付着することにより均質性や表面の平滑性が損なわれるという問題があり、大きな課題となっていました。ここでは、当所の AIP 装置を用いて被覆した CrN 皮膜においてドロップレットに起因して皮膜表面に突起が形成される様子を調べた結果を紹介します。

ドロップレットの発生

図 1 に AIP 法におけるドロップレットの発生の様子を示します。真空中で Cr、Ti などを陰極としてアーク放電を起こすと、陰極上のアークスポットと呼ばれる一点に大電流が集中して流れます。この大電流のジュール熱によって陰極材料が局所的に熔融、蒸発して真空中に放出されてイオン化し、さらに負の電圧を印加した基材に堆積して皮膜を形成します。この時、アークスポットからはドロ

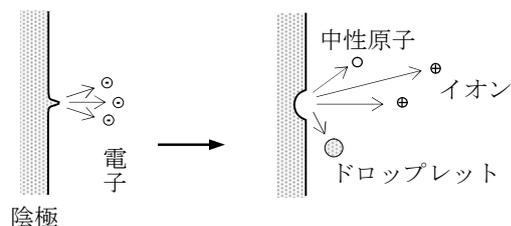


図 1 ドロップレット発生の概略図

ップレットが不可避免的に放出され、金属イオンとともに基材に付着します。基材に付着したドロップレットは皮膜の表面粗さを増大させるほか、CrN や TiN のような化合物皮膜を形成する場合には未反応の粒子として皮膜に混入し皮膜の均質性を低下させます。

ドロップレットによる皮膜表面への突起形成

CrN 皮膜表面の SEM(走査型電子顕微鏡)観察像を図 2 に示します。丸みを帯びた円錐状の大小の突起が皮膜の上に分散しています。この突起を含む断面の SEM 像および EPMA(電子プローブマイクロアナライザー)分析による元素分布図を図 3 に示します。突起自体は通常の皮膜と同じ CrN から構成されており、金属 Cr からなる球形のドロップレットが突起の下方に存在しています。まず平坦な表面に金属 Cr のドロップレットが付着して球形の突起を形成し、その後ドロップレットの上に平坦な表面と同様に CrN が堆積することによって CrN からなる突起が形成されたものと考えられます。

図 3 (d)は基板バイアス電圧 $V_b = -200$ V で被覆した皮膜の断面です。皮膜表面の突起は、図 3 (a)の -5 V の皮膜ではドロップレット上で扇状に広がるように成長しているのに対し、 -200 V では幅、高さともにドロップレットよりも小さくなっています。

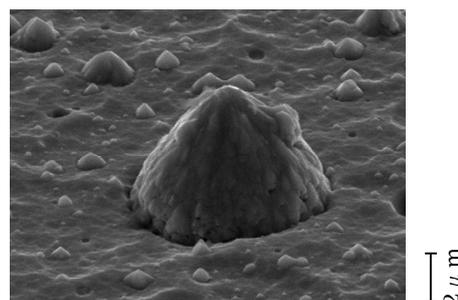


図 2 CrN 皮膜表面の SEM 像 ($V_b = -50$ V)

イオンプレーティング法では基板バイアス電圧が高いほどイオンによる皮膜の再スパッタリングが顕著になることが知られています。 -200 V の皮膜では突起部が平坦な領域よりも強く再スパッタリングされた結果、突起上への堆積速度が平坦な領域への堆積速度よりも遅くなり、CrN が堆積するにつれて突起が小さくなったと考えられます。

図4は基板バイアス電圧に対する単位面積あたりの突起個数の変化を、突起の大きさをパラメーターとして示したものです。負の基板バイアス電圧が高いほど突起の数が少なくなっており、基板バイアス電圧によってドロップレット上への堆積の様子が変化していることを表しています。

ドロップレット対策の今後

ドロップレット低減策として、蒸発源近傍のプラズマを高密度化してドロップレットがイオンに分解するのを促進する方法や磁場によってイオンとドロップレットを選別してイオンのみを基材に導く方法など様々な手法が実用化されています。しかし、未だドロップレットの完全な除去には至っておらず、ドロップレットを減らす技術と同様に、ドロップレットの混入による皮膜の性質の悪化を抑える技術の開発が重要であると考えられます。

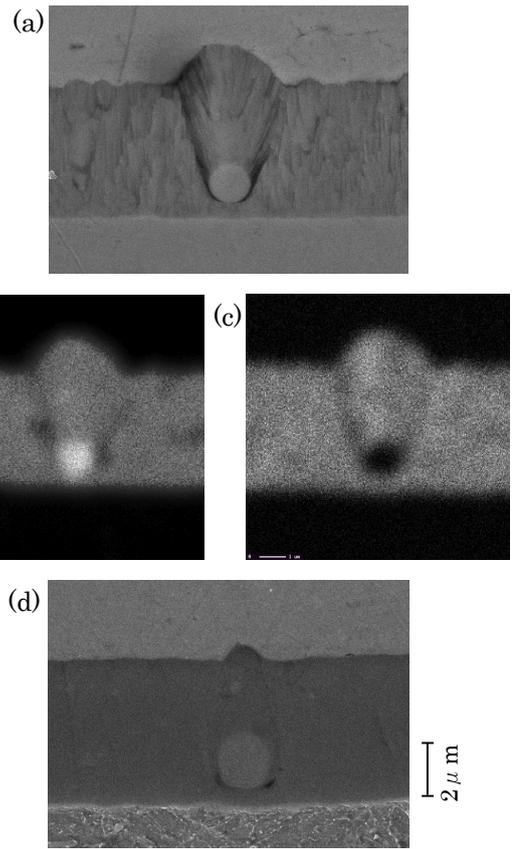


図3 CrN 皮膜断面のSEM写真
 (a) 二次電子像(基板バイアス電圧 $V_b = -5\text{ V}$)
 (b) EPMA による Cr 元素分布図($V_b = -5\text{ V}$)
 (c) EPMA による N 元素分布図($V_b = -5\text{ V}$)
 (d) 二次電子像($V_b = -200\text{ V}$)

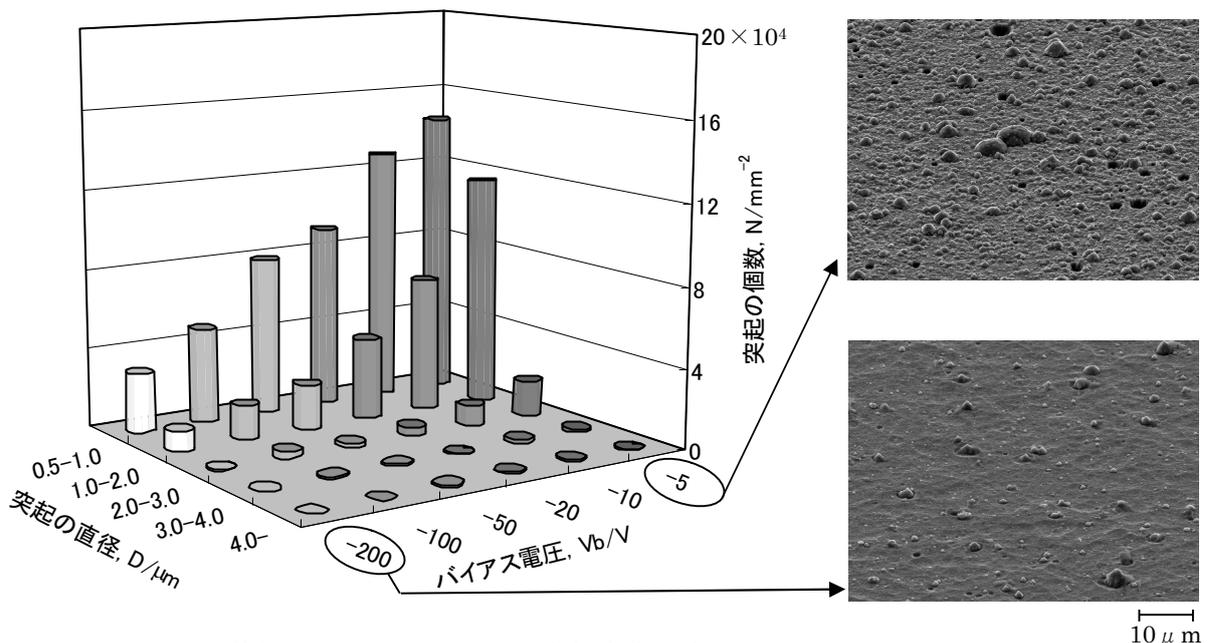


図4 基板バイアス電圧による突起密度の変化