

# 特 集 論 文

## 工具・金型用の最新膜と応用展開

Advanced Coated Films and their Applications for Cutting Tools and Molds

梶原真司\* 土屋宏之\*  
S. Narahara H. Tsuchiya

### 概要

高能率加工、高速加工、あるいは、コストダウンのための長寿命化など、工具・金型に対して硬質膜をコーティングする需要はますます高まっていると同時に、膜に対する要求も厳しくなっている。日本アイ・ティ・エフ株式会社では、受託コーティングサービスを提供しているが、本稿では金型用途に最適な最新膜と今後の応用展開について紹介する。

### Synopsis

Coating hard films on the cutting tools and molds are required to achieve high efficiency and high speed machining as well as cost reduction. And the requirements for the films have become much higher than before. Nippon ITF Inc. provides advanced coating services to meet these demands. This paper introduces some of our advanced films for the tools, molds and also their applications.

### 1. はじめに

切削工具や金型の耐摩耗性向上や溶着防止などのためにPVD（物理的蒸着）法による硬質膜のコーティングが実用化されている。中でも金属や合金を蒸発原料とし、窒素を反応ガスとして形成されたTiN（窒化チタン）、TiAlN（窒化チタンアルミニウム）、CrN（窒化クロム）などの単層、あるいは、これらを組み合わせた積層の窒化膜などのコーティングに対するニーズは年々高まっている。

日本アイ・ティ・エフ株式会社（日本ITF）においては、自社で開発したPVDコーティング装置や蒸発源を用いて形成した多種類の膜を“ジニアスコート”というブランド名でラインナップしている。表1に代表的な窒化膜の特性などを示す。膜種ごとに硬度、酸化温度、摩擦係数などが異なり、被コーティング材質、ワーク材質、使用環境などに応じて最適な膜種を選定する必要がある。また、軟質金属を加工するための切削工具や金型にはDLC（ダイヤモンドライクカーボン）膜のコーティングが有効であり、表2に示すように、膜質などが異なる複数の水素フリー（水素を含まない）膜を製品化している<sup>1)</sup>。

表1 窒化膜シリーズ

	TCX	IAR	IAX
膜材質・構造	TiCN系多層	Cr系超多層	Cr系超多層
膜硬度(Hv)	3000～3500	1800～2000	2800～3200
膜厚(μm) 【標準膜厚】	1～4 【0.5, 2.5】	2～4 【2, 5】	2～4 【2.5, 7.5】
コーティング温度(℃)	400～500	400～500	400～500
膜色調	銀色	銀色	銀色
酸化温度(℃)	500	1000	1000
摩擦係数	0.1～0.2	0.3～0.4	0.3～0.4
代表的用途	低速切削用工具 プレス金型(SUS) 樹脂金型	プレス鍛造型(銅、銅合金) 温熱間鍛造型 ダイキャスト型	プレス鍛造型(銅・銅合金、SUS) 温熱間鍛造型 ダイキャスト型 樹脂金型

\*日本アイ・ティ・エフ株式会社

表 2 DLC膜シリーズ

	HAクリア	HA	HAX
膜材質・構造	ta-C (HAクリア・HAはアークイオンプレーティング法による) (HAXはフィルタードアーク法による)		
膜硬度(Hv)	6000～7000		
膜厚(μm) 【標準膜厚】	0.1 【0.1】	0.5～1.0 【0.5, 1.0】	0.5 【0.5】
コーティング温度(℃)	150～200		100～150
膜色調	干渉色		
酸化温度(℃)	500		
摩擦係数	0.15～0.2		
代表的用途	軟質金属切削工具 金型(軟質金属、めっき等耐溶性) 樹脂金型(離型、腐食、耐摩耗)		

本稿では最新の開発膜について、膜の特徴や実使用例などを紹介する。

## 2. ジニアスコートTCX

ジニアスコートTCXは、TiCNを最表面に有する膜で、内部応力を制御した多層膜構造とすることで、高硬度、低摩擦で、耐焼き付き性に優れている。

図1にSUJ2製ボールとの無潤滑環境下における摩擦係数の摺動時間依存性を示すが、未コーティング品と比較して摩擦係数が低く、DLCと同等程度の優れた摺動特性を示している。図2に板厚1.6mmのハイテン材を打ち抜きプレス加工した際のパンチと相手材の写真を示

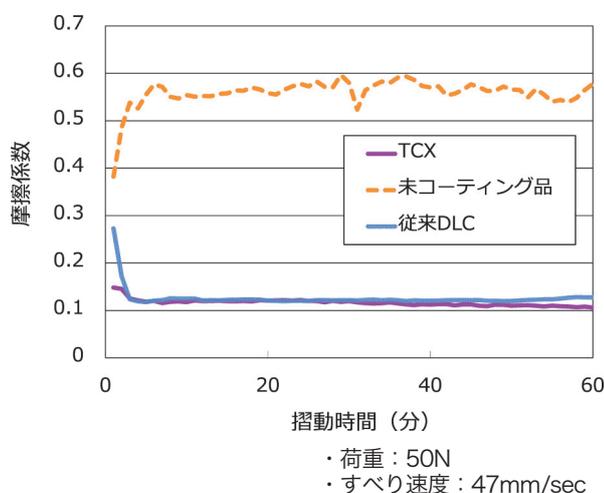


図1 ボールオンディスク回転摺動試験

す。TiNコーティング品ではパンチにかじり、相手材にバリが発生したのに対して、TCXではいずれも発生しなかった<sup>2)</sup>。従って、TCXはSUSや鋼材など、仕上げ外観が重視される部品において、バリ、キズ、シワなどの発生防止効果が期待できる。

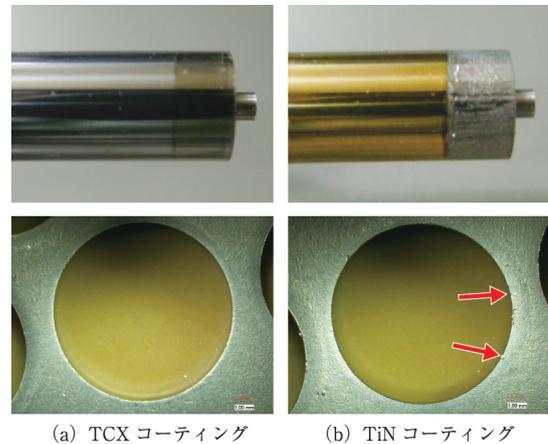


図2 打ち抜きプレス加工結果

## 3. ジニアスコートIAX

ジニアスコートIAXは、Cr系超多層膜で、金型に耐食性、耐焼き付き性、耐熱性、耐熱衝撃性、高耐摩耗性を付与することができる。

図3に耐酸化性試験(大気中で1000℃まで加熱した加熱炉に30分間保持)前後の膜表面の写真を示す。TiNコー

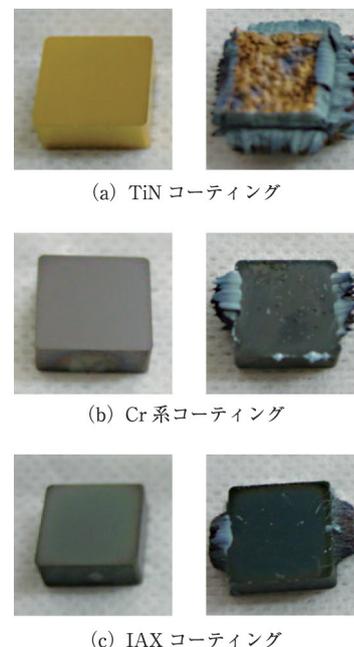


図3 耐酸化性試験の加熱前(左)と加熱後(右)

ティング品は酸化により大きく損傷し、Cr系は膜表面の損傷は発生しなかったものの、光沢が失われて黒色化した。一方、IAXは膜の光沢を維持しており、耐酸化性に優れている。

図4に冷間プレスで板厚1.5mmのステンレスの絞り加工を行った際の試験結果を示す。従来のTiAlNコーティングされた絞りダイを用いた場合と比較してIAXコーティング品は、耐摩耗性が向上し、約2倍のショット数が期待できる。IAXは耐酸化性と耐摩耗性を両立した膜として、SUS、鋼材、銅・銅合金の加工など、過酷な条件下での使用に耐えられるので、プレス鍛造型の他、温熱間鍛造やダイキャスト型に対して最適な膜である。

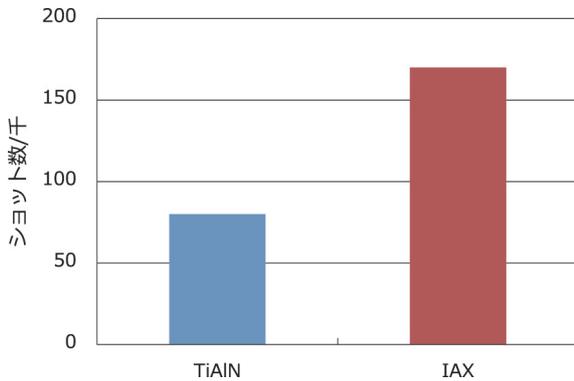


図4 冷間プレス試験のショット数

#### 4. ジニアスコートTCX 超薄膜

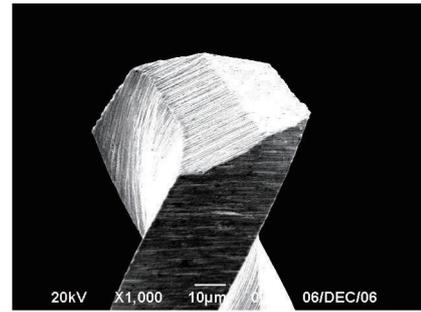
ジニアスコートTCXの標準膜厚は25 $\mu\text{m}$ であるが、寸法公差の厳しい精密金型や極小径の工具においても、狙った寸法でコーティングすることが可能である。

図5は $\phi 0.08\text{mm}$ の極小径ドリルにTCX超薄膜をコーティングしたものと未コーティング品を比較した写真である。標準膜厚までコーティングした場合、電界集中によりエッジ部の膜が極端に厚くなり、形状変化や膜剥離が発生して工具の性能が失われることがあるが、0.5 $\mu\text{m}$ の超薄コーティングの場合には、エッジ形状が維持されて、耐摩耗性の向上が期待できる。

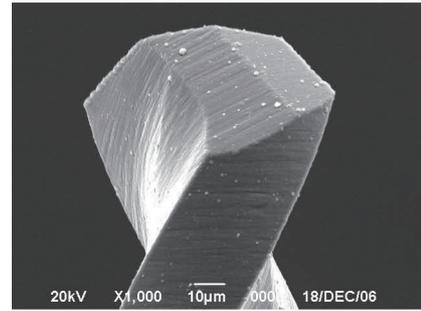
#### 5. ジニアスコートIAX 厚膜

ジニアスコートIAXの耐摩耗性をさらに上げるために標準の約3倍である75 $\mu\text{m}$ の膜厚を有するIAX厚膜を開発した。一般には厚膜化することで密着力が低下するが、コーティングプロセスの改良により厚膜でも高密着力を維持しており、従来の標準膜よりも高い耐摩耗性が期待できる。

ダイスなどの金型における内面は、平坦部と比較して膜厚が極端に薄くなり(1 $\mu\text{m}$ 未満)、期待したコー



(a) ノンコート



(b) TCX 超薄膜コート

図5  $\phi 0.08\text{mm}$ 工具

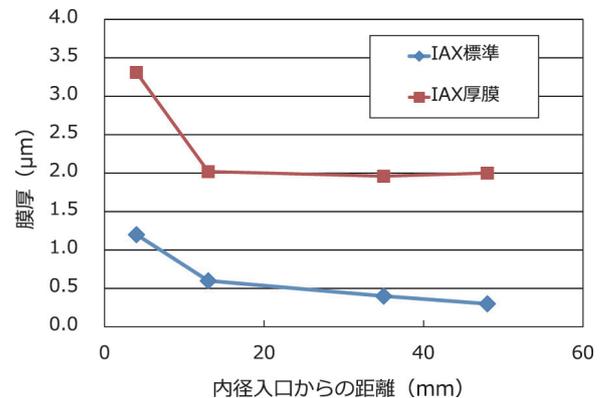


図6 金型内面における膜厚

ティング効果が得られないことが多いが、図6に示すように、内径 $\phi 100\text{mm}$ のダイスを用いた場合、IAX厚膜であれば、内径入口から50mmの位置でも2 $\mu\text{m}$ 以上の膜厚となっている。

#### 6. 樹脂成型金型用コーティング

最近、樹脂を成型する金型(射出成型金型)においても、コーティングが金型の寿命向上に貢献している。

樹脂成型の場合、金型に要求される性能は、金属の場合とは若干異なっており、以下に示すようなものが挙げられる。

- ①離型性（樹脂の付着防止、成型後の型離れ改善）
- ②耐摩耗性（特にガラス繊維が含有されている場合）
- ③耐腐食性（金型の腐食防止）
- ④摺動性（可動部の摺動、樹脂バリの発生防止）
- ⑤寸法精度（微小・精密金型は寸法精度が厳格）

日本ITFでのコーティングにより改善効果が見られた事例を表3に示す。樹脂種や要求性能により最適膜種は異なるが、樹脂成型金型においても、今後コーティングの適用が広がっていくと考えられる。

## 7. むすび

金型用途を中心に最新膜について紹介したが、切削工具も含めて、コーティングは、各種加工治具の性能向上に不可欠な技術となっている。

日本ITFでは、膜の形成だけではなく、コーティング後の表面平滑化など、前後処理工程も含めたトータルな技術提供が可能であり、お客様のご要望に応じて、最適な表面処理サービスを、今後も提供していく所存である。

### 参考文献

- (1) 鍵谷 他：SEIテクニカルレビュー 第161号 p.107 (2002.9)
- (2) 藤波 他：日新電機技報 Vol.57 No.2 p.32 (2012.11)

表3 樹脂成型金型適用例

樹脂種	コーティング	金型	効果
PPS(ガラス繊維含有)等	HA	入れ子	耐摩耗性
PPS(ガラス繊維含有)	HA IAX	ゲート穴	ゲート穴広がり抑制
PPS,PET,LCP等	TCX TCX 超薄膜 HA	入れ子	汚れ、ヤニ付着抑制
フッ素系樹脂等	IAX	入れ子	樹脂流れ改善
PPS,PBT等	TCX HA	エジェクタピン	可動部金属同士の焼付抑制 耐摩耗性改善
	TCX超薄膜 HAクリア		寸法精度が厳しい金型にコーティング可能

### 執筆者紹介



楢原 真司 Shinji Narahara  
日本アイ・ティ・エフ株式会社  
久世工場 久世技術課長



土屋 宏之 Hiroyuki Tsuchiya  
日本アイ・ティ・エフ株式会社  
久世工場 工場長