

[9] ファインコーティング装置およびファインコーティング受託事業

当社ビーム・プラズマ事業本部ファインコーティング部（FC部）とグループ会社である日本アイ・ティ・エフ株式会社（ITF）は、FC部が海外、ITFが国内でのファインコーティング受託事業を担当しており、ITFはファインコーティング装置の製造・販売事業も併せて行っている。FC部は海外の8拠点（中国3拠点、タイ1拠点、ベトナム1拠点、インド3拠点）、ITFは国内の2拠点（京都と前橋）でファインコーティング受託事業を展開している。両者が保有するリソースの有効活用を念頭に相互に協力し、2016年度より5年間の中長期計画「VISION2020（V2020）」を進めてきた。

2020年は、①自動車エンジンピストンピン用DLC（Diamond-Like Carbon）膜「HYC-DLC」、②抗菌・抗ウイルスDLC膜、③ホブ（歯切工具）用窒化物膜、④アドバンストコーティングシステムiDS^(*)-720の開発に注力した。これらの技術開発の成果を以下に報告する。

- ①では、高過給圧のディーゼルエンジン用ピストンに求められる耐摩耗性と耐焼き付き性に優れたDLC膜について紹介する。
- ②では、新型コロナウイルス感染症の拡大を受けて抗菌・抗ウイルス性に優れる製品へのニーズが高まる中、当社の特定のDLC膜について非常に優れた抗菌・抗ウイルス性を確認できたので、その性能について紹介する。
- ③では、切削加工の高速化・長寿命化に貢献する耐摩耗性と耐熱性に優れるホブ（歯切工具）用窒化物膜について紹介する。
- ④では、平滑性に優れたPVD膜を成膜できる新型アーク蒸発源を搭載し、生産性と膜性能を高めたアドバンストコーティングシステムiDS-720について紹介する。

（ビーム・プラズマ事業本部 ファインコーティング部）
（日本アイ・ティ・エフ株式会社）

9. 1 自動車エンジンピストンピン用DLC膜「HYC—DLC」

自動車分野では急速な勢いで電動化が進み、燃費規制も非常に厳しくなっていく見込みであるが、大型商用車はバッテリー性能が未だ不十分であるため、ディーゼルエンジンと組み合わせたハイブリッド型が主流になると見込まれている。

このため、過給圧アップなどによるディーゼルエンジンの効率化・低燃費化は依然大きな開発テーマであり、エンジンのピストンピンなどの部品には、より高い耐摩耗性・耐焼き付き性が求められている。

当社は昨年ピストンピンに最適なta-C:H型DLC膜として、ジニアスコート^{(*)2} HC (HC-DLC) を開発し⁽¹⁾、a-C:H型DLC膜とta-C:H型DLC膜を積層させることにより、さらに低摩擦で耐摩耗が高く相手攻撃性が低いジニアスコートHYC (HYC-DLC) を開発した。現在国内外で大型ディーゼル車への採用が進んでおり、更なる採用を目指している (図1、図2)。

- (1) 大城竹彦、三宅浩二：「自動車エンジン部品用DLC膜「HC-DLC」の開発」, 日新電機技報, Vol.65 No.1, pp.56-60 (2020.4)

シリンダ : DLCコートSCM415
 ディスク : 100CR6(DIN) ← SUJ2相当
 環境 : MoDTC含有オイル
 (0w-16, 80℃)
 荷重 : 100N (慣らし時は50N)
 振動数 : 33Hz
 振幅 : 1.5mm振幅
 時間 : 125分 (慣らしは5分)

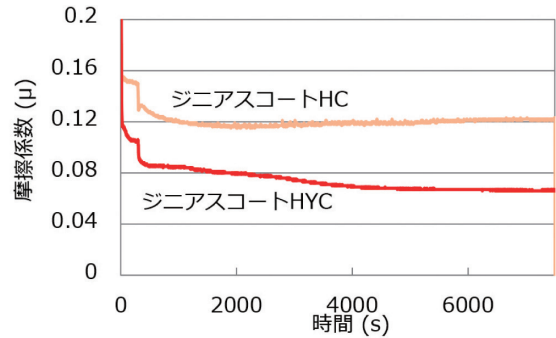
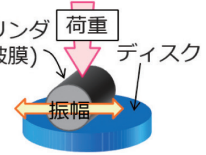


図1 SRV^(注1) 試験による摺動試験結果

回転基材	φ33 SCr 表面にコーティング
ディスク	アルミ合金AC8
オイル	ディーゼル用エンジンオイル 試験中滴下(1回/30秒)
荷重	1000N(初期250MPa)
回転数	170rpm(0.3m/sec)
油温	80℃スタート⇒終了時約50℃

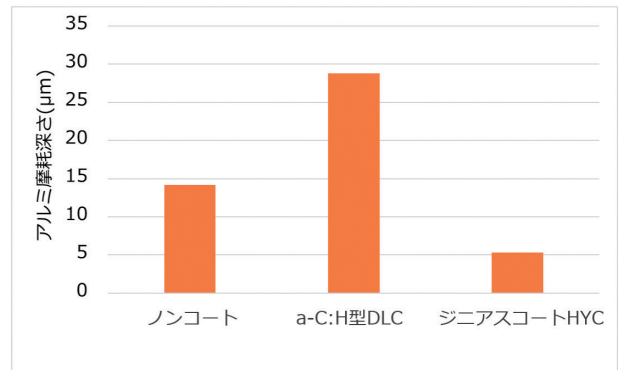
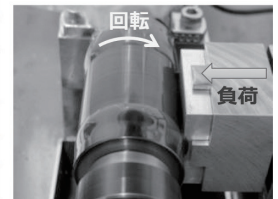


図2 コーティングピストンピンを模擬した、アルミ合金に対する押し付け摺動試験結果

(注1) SRV試験：Schwingungs Reihungund Verschleissの略。
 振動摩擦摩耗試験機

9. 2 抗菌・抗ウイルスDLC

2020年3月に発生した新型コロナウイルス感染症の世界的なパンデミックを受け、抗菌・抗ウイルス製品に対するニーズが世界的に急速に増加している。DLCは生体適合性や抗血栓性を有することが知られており、カテーテルやインプラントなどのコーティングとして実用化されているが、抗菌、抗ウイルス性について研究された例はこれまで殆どなかった。

当社はDLCの医療、衛生分野への適用検討の1つとして、DLCの抗菌性評価を進めた結果、DLCをコーティングした綿布が非常に高い抗菌性を示すことを発見した⁽¹⁾。図3はDLCコート綿布が、大腸菌を18時間で千分の1以下に増殖を阻害することが可能なことを示しており、大腸菌以外の3種類の菌に対しても同様の効果を確認している。

さらにDLCコート綿布は、インフルエンザウイルスに対しても有効であり、2時間で数千から一万分の1以下にウイルスを不活性化できることを確認した(図4)。

今後は、用途探索と並行して、様々な材料上にコーティングしたDLCの抗菌、抗ウイルス性評価を進め、早期の製品化を目指してゆく。

- (1) 太田 他：「繊維材料に対して抗菌効果を持つダイヤモンド状炭素膜」, 第67回応用物理学会春季学術講演会講演予稿集, 04-132 (2020)

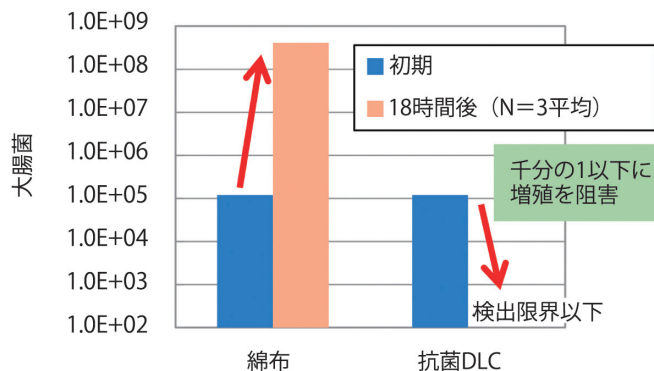


図3 大腸菌に対する抗菌性評価結果

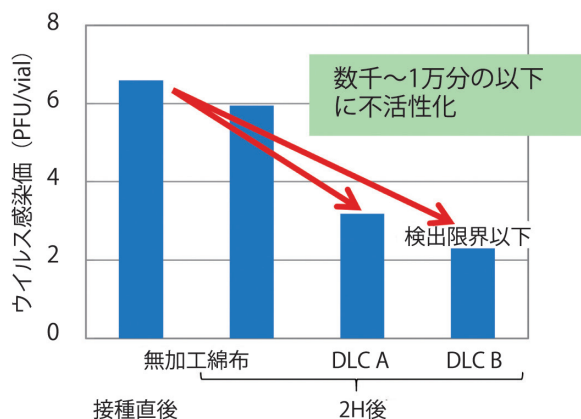


図4 インフルエンザウイルスに対する抗ウイルス性評価結果

9. 3 ホブ・歯切工具用窒化膜

ホブ、歯切工具用として切削加工の高速化、使用工具の長寿命化に貢献できる新たな高耐摩耗性、高耐熱性の窒化物膜を開発した。

開発膜の成膜には、当社のアドバンスコーティングシステムiDS-miniを使用している。iDS-miniは最新型のステアワン蒸発源を搭載した小型短サイクル炉であり、高品質な多品種の膜の生産に適している。ステアワン蒸発源は独自のアークスポット制御機構によりドロップレットの少ない平滑な膜を得ることが可能である⁽¹⁾。

開発膜はホブ、歯切工具で一般的な窒化アルミクロム (AlCrN) 膜をベースに膜硬度、耐酸化性を向上させる元素を添加している。膜構造は組成の異なる2種類の層を数100層交互に積層した超多層を採用し、膜強度の向上を図った。表1はiDS-mini装置で成膜したAlCrN膜と開発膜の膜特性の比較である。AlCrN膜より高硬度で耐酸化性が高く、平滑な膜が得られていることがわかる。

図5に、従来膜と開発膜を適用した超硬ブレードによる、ギア加工事例の結果を示す。AlCrN系膜である従来膜において、ギア加工250個でギアの刃底にバリが発生し寿命に達したことに對し、開発膜は2倍の500個加工後も、継続加工が可能であった。刃先の損傷を観察すると、従来膜を適用した工具の刃先は摩耗し、欠損していたが、開発膜を適用した工具においては、摩耗が低減し、欠損の発生も大きく抑制されていることが確認された。高い膜硬度および優れた耐酸化性による耐摩耗性の向上と超多層構造による膜強度の向上の効果によるものと考えられる。

今後は、ホブ、歯切工具への適用だけでなく、他用途への展開も検討している。エンドミルの高硬度材の加工事例で開発膜がAlCrN膜対比、2倍寿命を有しており、幅広い被削材質と加工条件で性能を発揮する切削工具用の汎用膜として、お客様のお役に立てるものと期待している。

(1) 日新電機技報Vol. 64, No. 1 (2019.4)

表1 AlCrN膜と新開発膜の膜特性の比較

	AlCrN膜	開発膜
膜厚	3.5 μ m	3.5 μ m
膜硬度	34GPa	37GPa
酸化開始温度	1100 $^{\circ}$ C	1200 $^{\circ}$ C
表面粗さRa	0.16 μ m	0.10 μ m

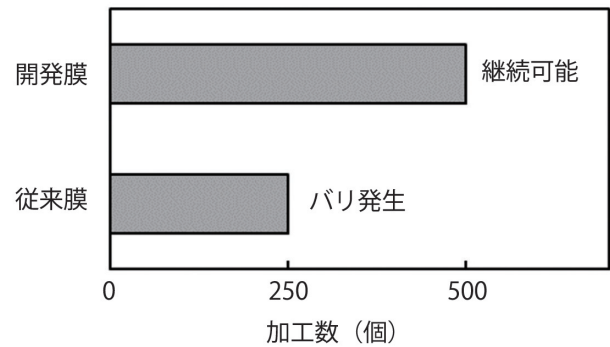


図5 ギア加工事例

9. 4 新型コーティング装置「iDS-720」をラインアップ

当社は、大型の金型や多数の小型部品を大量に搭載できるなど量産性を高めたコーティング装置「iDS-720」を2020年7月より発売を開始した(図6)。

iDS-720は、iDSシリーズの主要装備であるステアワン蒸発源や、高排気速度真空ポンプを備えた設備である。コーティングをする際、アーク放電によって金属材料が溶けすぎて、ドロップレットと呼ばれる粗大な粒子が飛び出し、膜が粗くなる現象が起きる。iDSシリーズでは独自構造(ステアワン蒸発源)である永久磁石をモーターで回転させ、アーク放電が起こるスポットを絶えず動かすことで、金属材料の溶けすぎを防止し、平滑な硬質薄膜の成膜を実現した。また、従来装置に比べ材料コストを2~5割低減、サイクルタイムも約4割短縮している。

コーティングゾーンは直径720mm×高さ800mm、基材搭載は約700kgまで可能であり、大型の金型や多数の小型部品を大量に搭載できるなど量産性を高めた。金型(自動車生産用のプレス金型など)や機械部品(エアコンのコンプレッサー部品、製造設備などの各種回転軸)市場への展開を図っていく所存である。



図6 iDS-720

(*1) 「iDS」は、日本アイ・ティ・エフ(株)の登録商標です。(p.24)

(*2) 「ジニアスコート」は、日本アイ・ティ・エフ(株)の登録商標です。(p.25)