

〔9〕 薄膜コーティング装置およびコーティング受託加工事業

当社ビーム・真空応用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部が海外でのコーティング受託加工分野、ITFが国内でのコーティング受託加工分野及び薄膜コーティング装置分野を担当しており、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）」を進めている。FC部は海外のコーティング受託加工6拠点（中国3拠点、タイ1拠点、インド2拠点）を統括し、ITFは国内3拠点（京都2拠点、前橋1拠点）に事業を展開している。

2019年度は「V2020」の計画達成を見据えて①DLC（ダイヤモンド状炭素,Diamond-Like Carbon）の用途拡大、②部品量産ラインにおける外観検査の自動化、③薄膜コーティング装置のIoT対応化の開発に注力した。それぞれの概要は以下のとおりである。

- ①自動車部品のうち動力伝達用ギアとピストンピンを対象に、当社がこれまで蓄積してきた技術の粋を集め開発に取り組んだ結果、それぞれ性能向上が見られたので紹介する（ピストンピン用DLCについては一般論文で詳説する）。
- ②量産部品の外観検査を人による目視検査から自動化することに成功したのでその一部を紹介する。
- ③膜コーティング装置にPCネットワークを介した遠隔監視機能を組み込むことで異常検知・予防保全や品質管理を支援することを可能にしたので紹介する。

（ビーム・真空応用事業本部 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 動力伝達用ギアへのDLC (Diamond-Like Carbon) 適用開発

自動車は電動化の進展に伴い、駆動系機構が大きく変化していく。モータ駆動に代わることで減速機は原則的には不要であるが、パフォーマンス向上のために必要であり、ギアもほぼ同等の点数が必要であると言われている。電動車両のギアは動作モードが異なることによる摩耗や歯面損傷、異音の発生などの問題が予想されており、様々な方法で寿命向上、異音防止、さらには伝達効率向上などが模索されている。

当社はPVD、CVD成膜法を組み合わせ、ギアにDLCを適用することによる様々な効果を調べてきた¹⁾。3種のDLC膜ジニアスコートHA (ta-C)、ジニアスコートHC (ta-C:H)、ジニアスコートHS (a-C:H) を浸炭硬化したローラーおよびギアにコートし、ばね負荷式二円筒転がり疲れ試験機によるローラー試験 (図1) およびIAE型動力循環式歯車試験機による歯車試験 (図2) で評価した。その結果、DLCはいずれも優れた特性を示し、特にジニアスコートHCは歯車試験において疲労限で約30%、疲労寿命5~10倍という結果が得られ、ローラー試験では摩擦係数は8~9%減少するという結果が得られた。摩擦係数の低減は伝達効率の向上と異音防止に寄与するものと考えられる。今後、さらに信頼性を高めるとともに実車評価を積み重ね、採用を目指していく。

IAE型動力循環式歯車試験機

Power transmission gear
Vibration switch
Gear
Pinion
Tachometer

潤滑油性状 自動車用ATFを使用

Density	g/cm ³	0.863
Flash point	K	467
Kinetic viscosity (313K)	mm ² /s	33.03
(373K)	mm ² /s	7.013
Viscosity index		181
Supply oil temperature	K	353±2

試験条件		
Specimen	Test pinion	Mating gear
Material	SCM420	
Module (mm)	5	
Standard pressure angle (deg)	20	
Number of teeth	15	16
Addendum modification coefficient	0.571	0.560
Tip circle diameter (mm)	90.71	95.60
Center distance (mm)	82.55	
Face width (mm)	5	18
Contact ratio	1.302	
Rotational speed (rpm)	1800	1687.5

※ $P_{max}=1800\text{MPa}, 2200\text{MPa}$

※ピッチング面積率1%, もしくは振動によって試験機が停止した時点での回転数を疲労寿命とする。

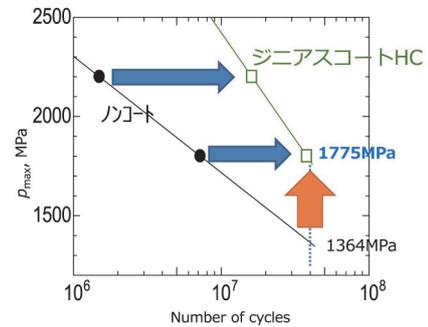


図2 ジニアスコートHCコート歯車のIAE型動力循環式歯車試験結果

Specimen	Test roller	Mating roller	
Testing machine type		φ60	
Rotational speed	rpm	1432	1800
Circumferential velocity	m/s	5.65	4.50
Specific sliding	%	-25.7	+20.5
Sliding velocity	m/s		1.15

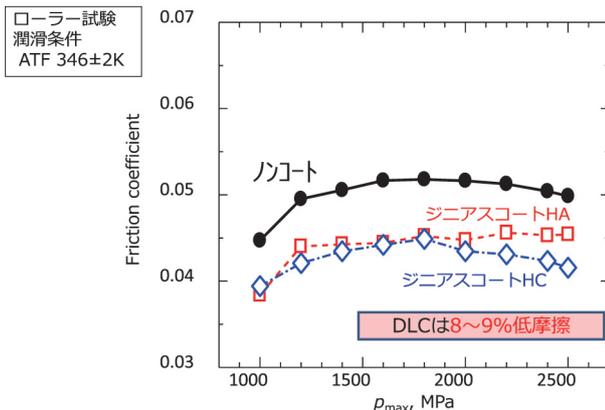
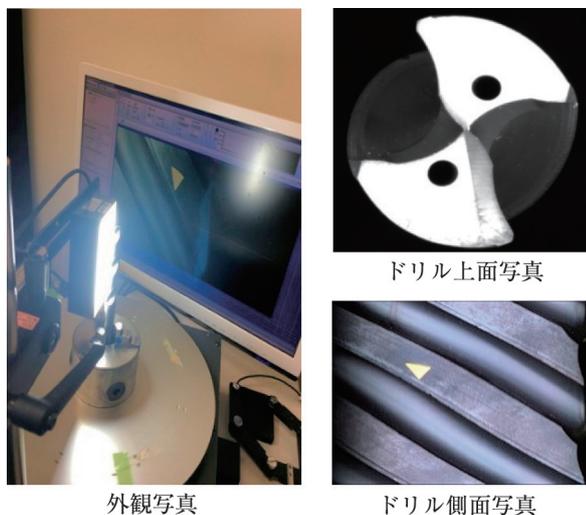


図1 ジニアスコートHAとジニアスコートHCをコートしたローラーの二円筒転がり疲れ試験結果

- 1) 竹野清太郎, 藤井正浩, 森口秀樹, 藤井慎也: アークPVD・プラズマCVD 複合製法による DLC 歯車の面圧強度、日本設計工学会2018年度秋季大会研究発表講演会pp.19-20

9. 2 受託コーティングサービス検査工程の自動化

当社は、自動車部品で代表される量産製品から、工具や金型のような少量多品種の製品を対象に表面処理サービス（コーティングサービス）を行っており、これらの出荷基準は品種によってさまざまである。そのため、顧客の求める品質基準を満たした製品を安定的に出荷するために、検査工程に多くの労力を費やしている。検査工程の中でも特に外観検査は人の眼が頼りであり、品質の安定性は検査員の習熟度に依存するのが現状である。製品のグローバル化が進む中で、短期間で安定的に良品を低コストで生産するため、当社は撮像技術を用いた外観検査の自動化を2017年度より進めてきた。



外観写真

ドリル上面写真

ドリル側面写真

図3 ドリル外観検査用撮像装置の一例

初期の自動検査技術は、円筒軸受けのコロ部品や自動車用ピストンピンなどの比較的単純な円柱状製品が対象であったが、近年、ドリルやエンドミルに代表される立体形状品への展開を進めているので、現状を報告する。

・立体形状品の外観検査技術（図3）

ドリルなどの立体物を上面から撮像すると、ピントが一部にしか合わないため、検査に適した平面画像を得ることができない。そこでカメラを少しずつ移動させながら連続的に撮像し合成することにより立体物を明瞭な平面画像として撮像する技術を開発した。また、ドリル側面の溝部についても同技術を応用することで平面画像に変換することができ、検査工数の大幅な削減が可能となった。

また、当社の代表的な製品であるDLCコートドリルでは膜厚差による干渉色が生じるが、3色の光源を用いることにより色の違いを識別することに成功した。

現在は特定品種を対象とした検証を継続しているが、今後AI機能を搭載してより精度の高い自動検査装置の開発を検討している。この技術を用いると、国内と同じ品質規格のものを海外でも短期間に生産できるようになり、検査員の育成に必要な時間とコストの大幅な削減が期待できる。

9. 3 成膜装置のIoT対応化推進

当社は、国内3工場及び海外3カ国に受託加工用の成膜装置を設置しており合計で数十台に上る。日々の生産バッチではコーティング炉内の各種パラメータ（真空度、電流、電圧、温度など、以下ロギングデータと称する）を数秒おきに、付属するパソコンに記録しており、実施したバッチの健全性確認や、後からのトレースができるようになっている（図4）。

事業の拡大および拠点数の増加により上記データが膨大となってきており、確認作業の工数が増加しているので合理化が求められている。

今回、上記の工数低減や確認作業の容易化、更には日々少しずつ変化している炉内環境を数ヶ月に渡ってグラフ化する傾向管理機能を加えたIoTシステムを開発したので報告する。

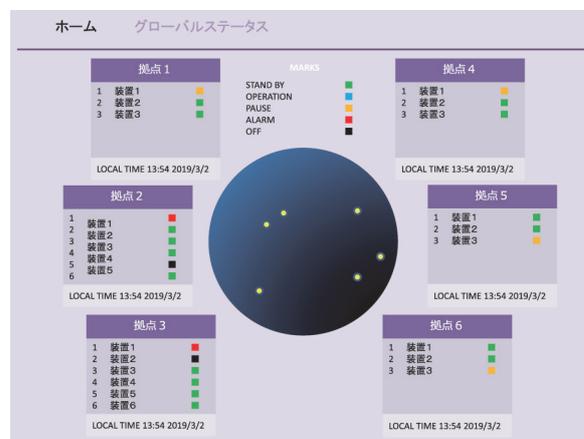


図4 拠点、装置選択画面イメージ

このシステムは、モニタ対象の成膜装置のパソコンを社内ネットワークに繋ぎ毎バッチのロギングデータをサーバに集める上流システムと、サーバに集まったデータにアクセスし、確認作業や傾向管理などを行う下流システムの2部構成で成る。上流および下流のシステムを総称して、「i-BRIDGE」と名付けた。

i-BRIDGEの主な特徴を列記する。

1) ログデータの各種パラメータをグラフ化するには基準となるバッチのものを並べて表示し、差異が判りやすい様になっている事(図5)。

2) 傾向管理においては、ユーザが自由に以下を定義する事が出来る点。

- ・工程(真空引き、加熱、ボンバード、成膜など)
- ・パラメータ(アーク電流、真空度、温度など)
- ・集計方法(初期値、最終値、最大、最小、平均値)

現在は、社内で試験運用中であり、品質の確認工数低減や予防保全の面で効果が得られ始めている。今後、早期に海外拠点も含め全装置への適用を進めていく計画である。

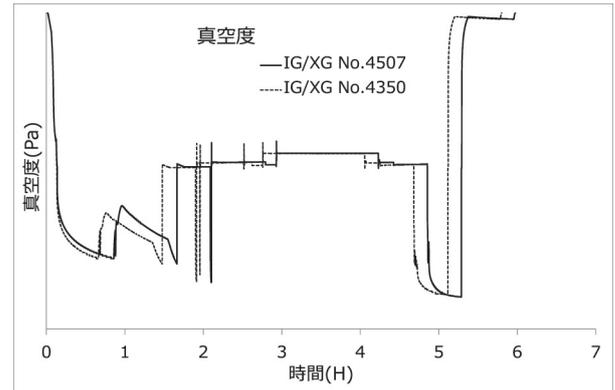


図5 ログデータの真空度をグラフ化した例