

一 般 論 文

Advanced Coating System iDS500の 開発

Development of the Advanced Coating System iDS500

岡崎 尚 登*	福田 諭*
N. Okazaki	S. Fukuda
吉原 健*	田野 義 浩*
K. Yoshihara	Y. Tano
高杉 圭 吾*	吉田 憲 治*
K. Takasugi	K. Yoshida
松野 知 保*	
T. Matsuno	

概要

近年表面処理技術が工業的に広く利用されるようになり、コーティング装置には、より高い生産性を低いランニングコストで安定に生産できる性能が求められている。当社では市場の要求にお応えできる様に、約10年振りに主力の装置をモデルチェンジし、各種性能を高めた新型装置「Advanced Coating System iDS500」を開発したので、ここに紹介する。

Synopsis

Recently surface modification technology becomes to be used widely in industry, the coating system's performance is also required higher productivity, lower running cost and higher stability than before.

To respond to market's various needs, we did model change of major product after ten years' absence, developed new coating equipment 'Advanced Coating System iDS500' which various performances have been successfully improved.

1. まえがき

日新電機は1985年から陰極アークイオンプレーティング装置の製造販売を開始、2010年にこの事業を日新電機から日本アイ・ティ・エフ株式会社に移管し当事業を行っている。新体制では、製販一体および受託加工部門と装置部門との共存のなかで、用途・材料・装置・プロセスを一貫して開発する事ができる様になっている。

約30年の当事業へのかかわりにおいて、装置事業の主力装置を1985年当初のMAVシリーズから、2002年にMシリーズへとモデルチェンジをし、十数年間新しいモデルが開発できていなかったが、今回それが出来たのは新体制によるところが大きい。

*日本アイ・ティ・エフ株式会社

実際に日々装置を使う受託加工事業との共存において、装置に求められる性能や使い勝手などの課題が従来よりも明確になり、開発のターゲットとして定める事ができたためである。

今回のiDS500は上記の課題解決を目指したものであり、開発のキーワードは、①安定性、②コスト低減、③サイクルタイムの短縮、④ダスト対策の4つを柱とした。

2. システム概要

本装置(図1)は、真空チャンバ内に成膜を施す基材(例えば工具、金型、部品など)を入れ、真空引き・加熱・ボンバード(基材の物理的な洗浄)・成膜・冷却の工程を経る成膜プロセスを全自動で実行する装置である。この様

な真空成膜法は、PVD（Physical Vapor Deposition: 物理的気相成膜）法、およびCVD（Chemical Vapor Deposition: 化学的気相成膜）に大別されるが、本装置は前者（PVD）の手法で、金属材料の蒸発のさせ方から「陰極アーク放電イオンプレーティング法」と呼ばれる方法を採用している。

この方法では、まず基材の被る温度としては200℃～600℃の範囲で利用され概ね450℃程度が一般的である。また成膜される膜種は、チタン（Ti）やクロム（Cr）、アルミ（Al）などの金属を主成分とした窒化物（金属と窒素との化合物）であり、例として一元系ではTiN（窒化チタン）、CrN（窒化クロム）、二元系ではTiAlN（窒化チタンアルミ）やAlCrN（窒化アルミクロム）が代表的なものである。

前記した各種の金属窒化物は、極めて硬くピッカース硬度でHv 1800～3500である。この様な硬い膜を工具・金型・部品などの表面に成膜する事で摩擦の進行を遅らせ、それらの基材の寿命を延ばす付加価値を与える。うまく寿命を延ばすには、この様な硬い膜を密着性よく成膜する必要があり、前記の陰極アーク放電方式は、低電圧（約20V）大電流（約100A）のアーク放電を利用するもので、アーク熱により蒸発した金属のイオン化率が高く、基材に負の電圧を与える事により金属イオンを基材表面に衝突させ、基材との密着性を良くし、硬い膜を形成するのに適した方法である。イオンプレーティングが誕生⁽¹⁾してから半世紀が過ぎ現在では工業的に中広く利用されているものである。

201323[®]

図1 新型アークイオンプレーティング装置iDS500外観

3. 装置仕様と機能

3.1 システム開発の方向性

既に広く普及した本方式の装置であるが、安定に稼働させるためにはある程度の専門知識を有した技術者が必要であり、また色々な決め事（メンテナンス頻度や前後処理の方法仔細）を着実に実施していく事

の上に成り立つものである。その意味ではまだまだ開発すべき項目は多いと言える。コーティング処理をより平易なものにする事は当社が開発を行う上で留意するポイントであり最終的な課題となるであろう。今回定めた4つの開発キーワードは、上記課題解決に向けての一助となるものと考えている。

3.2 真空排気系

早く真空引きを完了させるためには、排気速度の高いポンプの利用と高い排気コンダクタンスを持つ排気ライン構築の両方が必要であるが、これらを高めていくと、装置コストの増加、およびポンプへの熱負荷が課題となる。よって最適なものを得るためには、ある程度の試行錯誤が必要となってくる。事前に排気コンダクタンスのシミュレーション（理論的解析）も行うが、扱う真空領域が分子流モデルと粘性流モデルの中間状態であり、計算結果と実際に常に差が生じる。よって今回は本装置開発の事前準備として実際にいくつかの排気経路を試し、それぞれにおける理論計算値と実測値との差を確認しながら最適な排気経路を定めた。高い排気コンダクタンスと、ポンプへの熱負荷の低減が良い点でバランスし、従来モデルと同じ性能のポンプの利用でありながら実効排気速度を約2倍に高める事に成功した。

また装置を連続で使用していくと、チャンバ内の各部位にも膜が堆積し、その堆積物にはチャンバを開けた時に周りの空気や水分が吸蔵されてしまい、これが次第に真空引き時間が長くなる原因である。通常それらを、除去できるように予め防着板を内面に取り付けておき、その防着板を定期的にサンドブラストしてクリーニングをする。頻繁なこのメンテナンスは作業工数の増大となるので、メンテナンス頻度はなるべく長い方が良い。現実的な解決法は、チャンバ内の温度が上がらない部分は徹底的に着膜を防止し、着膜が避けられない部分の防着板は、ヒータ加熱によりすぐに温度が上がる様にする事である。本装置はこの様な思想で設計され、後述するがメンテナンス頻度が大幅に延長出来ている。

3.3 アーク蒸発源

本装置は陰極アーク方式であり、カソード（陰極）表面にアーク放電を発生させ、その熱により局所的にカソード材料を溶解・気化させ、基材に成膜するものである。密着性が良く硬い膜が出来る反面、膜に粗大粒子（ドロレットと呼ばれる）が混入し面粗度を悪化させ、工具や金型の寿命の延びに悪影響を及ぼすものである。ドロレットを抑える方法は、すでに色々な方法⁽²⁾が提案されており、それぞれ一長一短あるが経済性・生産性と面粗度の3点を全て満足する事は難しいのが現実である。

実際の工業的な利用においては、コストが安く生産性が高い事、面粗度を極力良くする事、の3点が良いバランスの上に成り立つものが求められている。

本装置では、上記のトレードオフ関係を改善する方法として、かつて提案された可動型磁場によるアークスポット（アーク放電が生じている輝点のこと）コントロールの方法⁽³⁾を、より簡単な機構で実現できるように、磁場配置を数値解析により最適化した構造を用いている。アークスポットを早く動かし、ドロプレットの発生を低減し、カソードの全面をアークスポット掃引する事による利用効率アップ（材料コストの低減）を実現した。従来よりもカソードコスト1/4まで低減している。図2にはTiカソードのアーク放電中の写真を示すが、撮影に使用したカメラのシャッタ速度0.5秒の間に、全面を掃引できている事が判る。

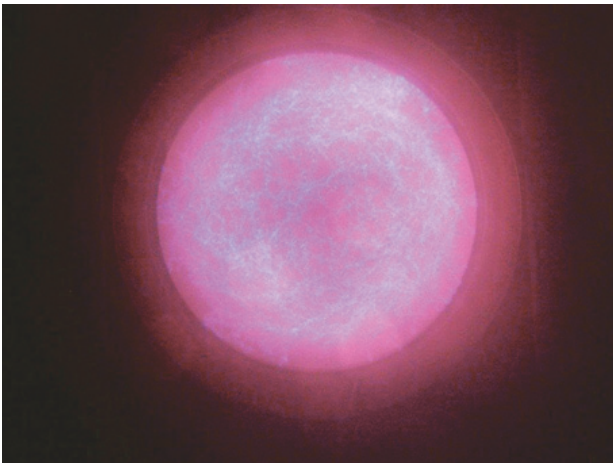


図2 Tiカソードの放電中の様子

またオプションとして蒸発源シャッタを備えており、シャッタを閉じた状態でもアーク放電ができるようになっていた。これを行う事で基材に影響を与えないでカソード表面を清浄な状態にする事ができるので、基材と膜との界面において不純物の少ない接合が可能となる。

3.4 ダストコントロール

成膜する前の基材にダストが付着した場合、そのまま成膜するとピンホールとなり、品位や性能の低下を招く。よって適切なダストコントロールが必要となる。しかし成膜が終わったチャンバからは、ダストが拡散するという自身がダスト源にもなる装置である。多くのユーザは、基材のセットと治具からの取り外しを、互いに仕切られた部屋で行う事で解決を図っている。

本装置は、前記のダストコントロールを、より低コストで実現する方法として、ダスト飛散防止ブースを装置背面に設置できる様にしている。すなわち、まず基材をセットする治具テーブルを、二つある大型扉の

どちらからでも出し入れできるようにした。最も好適な例としては、前扉から入れ後ろ扉から取り出す事である。次に、取り出しの際には、まず後ろ扉のみを開放、ブースに設置したブローアを稼働させ、発生するダストをブース内だけに留める様にする。また微細なサイズの浮遊粒子は、HEPAフィルタ（High Efficiency Particulate Air Filter）に吸着させる。後ろ扉から治具テーブルを取り出し、温度が冷めるまでブース内に留めておく。何度も成膜に使用された治具からは、冷却される段階で着膜の応力により膜が弾け飛びダストとなるが、これはブース内に留められる。

この冷却の間、後ろ扉を閉め、今度は前扉を開けて、別の治具にセットされた基材を前扉から入れて、次の成膜を始める事で連続した成膜処理ができる。あくまで、頻繁に清掃が必要となるエリアをブース内のみ限定し、他の部屋全体はクリーン度を維持する事ができ、またコストも低く抑えられる。

3.5 運用試験における検証結果

開発した装置を用いて、約1年間の運用試験を実施した。結果を以降に示す。

(1) カソード寿命（利用効率）

図3に、各種材料を同じ条件で放電させた時の、カソード重量減少率のグラフを示す。材料にも依るが、約15,000AH（例えば100Aであれば150時間）もの長い時間に渡って使用する事が出来、この範囲内において、面粗度の悪化やトラブル発生などの問題は発生しない事が検証でき、概ね50%の利用効率を実現した。この様な長寿命化には、先に記載した可動磁石によるアークスポットの全面掃引が大きく寄与している。また図4には、このアーク源を利用し成膜したTiAlN膜の断面SEM写真を示す。良好な柱状結晶が確認できて、工具としての性能も従来に比較し良好である事も検証済みである。

(2) サイクルタイム

図5には、本装置を同じ条件（工具用被膜、5ミクロン厚）で、繰り返し使った際に、真空引き時間がどれだけ伸びるかも含め全体のサイクルタイムがどの様に変化したのかを調べた結果である。従来装置と比較し、大幅な時間短縮、またサイクルタイムの安定化が図られ、時間の延長も大変少ない事がわかった。

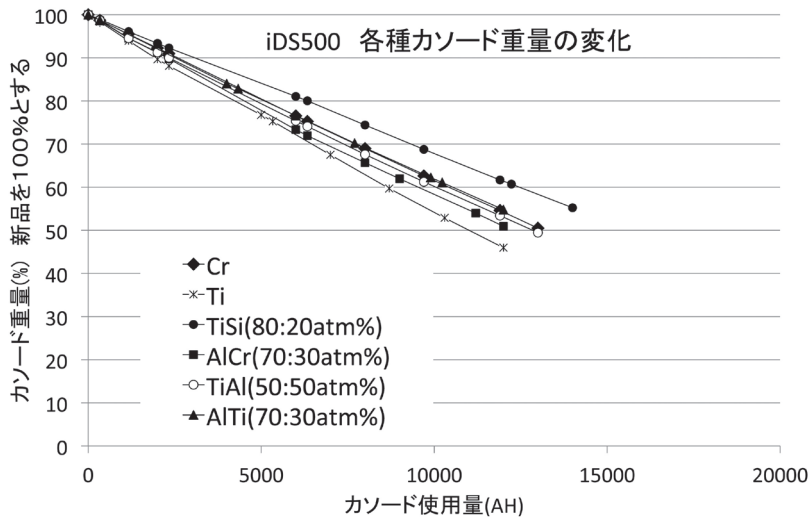


図3 各種カソードの放電による重量変化



図4 TiAlN膜の断面SEM写真

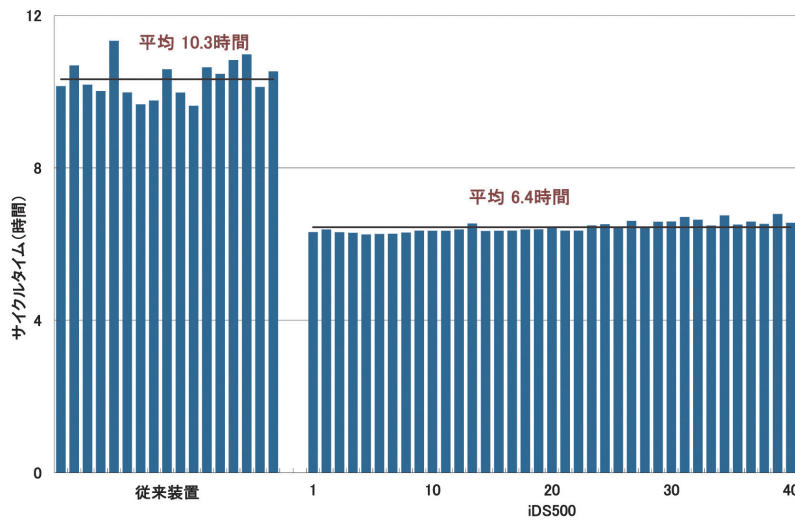


図5 従来装置と新型装置とのサイクルタイム比較

表1 iDS500 主な仕様

項目	仕様
装置本体サイズ	3380×3580×2760 mm
有効コーティングゾーン	φ500×H500 (mm)
付属治具テーブル	8軸自公転治具
アーク蒸発源数	3台、6台、9台 (標準)、12台 (最大)
カソードサイズ	φ160×t12 (mm)
主なオプション	ダスト飛散防止ブース
	蒸発源シャッター

4. あとがき

表1に本装置の主な仕様をまとめた。冒頭に記した4つの開発キーワード①安定性、②コスト低減、③サイクルタイムの短縮、④ダスト対策に照らし、それぞれの項目において高いレベルで目標値を達成する事ができた。工具・金型分野を中心にお客様にご活用頂ける製品になったと自負している。

今後は、自動車部品などの様に一度に大量の製品を処理できる大型機を当iDSシリーズにラインナップする予定である。その際には本文で述べた真空排気の基礎検討や防着板構造などの設計思想を活用すると同時に、今回開発した新型アーク蒸発源の適用を進めていく所存である。

参考文献

- (1) D.M.Mattox: Electro Chem. Technol.,Sept.-Oct. (1964) p295
- (2) H.Brandolf,US Patent 4,511,593(1985)
- (3) ハンス ヘルトロープ 他:「陰極アーク放電蒸発装置」、日本国特許公開 特開平1-234562号

執筆者紹介



岡崎 尚登 Naoto Okazaki
日本アイ・ティ・エフ株式会社
装置部長



福田 諭 Satoshi Fukuda
日本アイ・ティ・エフ株式会社
装置部 主査



吉原 健 Ken Yoshihara
日本アイ・ティ・エフ株式会社
装置部 設計グループ長



田野 義浩 Yoshihiro Tano
日本アイ・ティ・エフ株式会社
装置部 設計グループ主任



高杉 圭吾 Keigo Takasugi
日本アイ・ティ・エフ株式会社
装置部 設計グループ



吉田 憲治 Kenji Yoshida
日本アイ・ティ・エフ株式会社
装置部 設計グループ



松野 知保 Tomoyasu Matsuno
日本アイ・ティ・エフ株式会社
装置部 CSグループ主任

