湿式めっきとイオンプレーティングの適用

横 山 文 雄*

Application of Wet Process Plating and Ion Plating

Fumio YOKOYAMA*

Key Words : Electroplating, Electroless Plating, Ion Plating, Chemical Compound Film

古い歴史を持ち、先端産業分野にも参入している湿式めっきと、このところの新素材開発における材料表面の機能化として薄膜形成を行う乾式めっきの一つであるイオンプレーティングについて、経験的に個々の技術の特徴を述べ、両者を併用した複合技術への関心を促す。

1. はじめに

湿式めっきを代表する電気めっきの起源は、1836年にドイツ人ヤコビが電池を使用して発明したのに始まり、我が国に電気めっき工場が創設されたのは1887年（明治20年）と言われている¹⁾。以来約100年を経ためっき技術の変遷には、それぞれの時代における文化、社会生活と深いかかわりを持ちながら愛用され、広く普及してきた。

戦後の高度成長時代におけるめっき技術は、自動車、家電産業等の急速な成長に呼応しながら発展した。すなわち、高耐食性の多層ニッケルめっきや、樹脂成形品の進出にともなうプラスチック上のめっき方法など、新しいめっき技術が次々に登場した。めっき業界では、量産と品質の安定を図り、めっき自動化設備が積極的に導入され、企業の近代化にも大きく役立った。そして近年では、電子工業における高密度集積回路の製造に一例を

見るように、電気めっき、無電解めっきは、ハイテク産業の機能部品の加工に、重要な使命を担うに至っている。

一方、イオンプレーティング法は1963年に米国のマトックスによって考案され、宇宙開発における探査機の軸受け部分に、潤滑性と耐摩耗性の皮膜を確保するための製膜法として利用された新しい技術である。特に最近では、新素材の創製における材料表面の改良や新機能の付与など、いわゆる表面改質のプロセッシングとして、乾式めっき法への関心が高く、真空技術や電子制御技術の発展に支えられ、種々の薄膜装置が発表されている。なかでもイオンプレーティング法は、密着性の良い化合物皮膜が比較的容易に形成できるPVD法の一つとして、多方面から注目を集めている。

以上、湿式めっきと乾式めっきの一例について、まず技術の生い立ちに触れたが、要は従来の表面処理に対する需要の変化から、品物は軽薄短小化、受注は多品種少ロット、そして新素材の登場が新たな表面技術を生んでいる（表1）。

当所でも、このようなニーズの変化に、従来の湿式めっきによる対応を考える一方で、製膜プロセスのまったく異なる乾式めっきにも関心を持ち、昭和56年に高周波励起方式のイオンプレーティング装置を導入した。以来、電気めっきの経験からイオンプレーティングの機能・特徴を理解し、またそのことから湿式めっきの利点を再認識している。ここに、両プロセスの特徴を経験的に述べ、また、公設試（工業技術センター等、都道府県の

* 岡山県工業技術センター（〒700 岡山県岡山市伊福町4-3-18）

Ind. Tech. Center of Okayama Pref. (3-18, Ifukuchō 4-chome, Okayama-shi, Okayama 700)

表1 種々のめっき法

	方 法		電 場 ¹⁾	真 空 度 ²⁾		
め っ き	湿式（液相）	電気めっき	○	×		
		無電解めっき	×	×		
	乾式（気相）	化学蒸着 （CVD）	開 管 式	×	×	△
			閉 管 式	×	○	×
		物理蒸着 （PVD）	真空蒸着	×	○	
			スパッタリング	○	○	△
			イオンプレーティング	○	○	△
			溶融めっき	×	×	
			溶 射	×	○	×

1) ○電場あり, ×電場なし
2) ○真空下, △減圧下, ×常圧下

試験研究機関)におけるイオンプレーティング技術の導入状況について紹介する。

2. 電気めっきから見た
イオンプレーティング技術の特徴

イオンプレーティングは、真空中で蒸発された粒子の一部を、種々な方法でイオン化して成膜を行う乾式めっき法である²⁾。装置としては、従来からの真空蒸着法に気体放電現象（プラズマ）を組合せたもので、蒸発のさせ方、イオン化の促進方法によって表2のように多くの方式が発表されている³⁾。

電気めっきを経験した一人として、イオンプレーティングの特徴を次のように考えている。

- (1)化合物皮膜の形成が容易。
不活性ガス放電の利用とは別に、例えば酸素、窒素、アセチレン、アンモニアなどのガスを放

表2 イオンプレーティング方式の種類

直流2極型	1963	D. M. Mattox
ARE法	1972	R. F. Bunshah
Cluster Ion Beam法	1972	高木俊宜ら*
高周波励起型	1974	村山洋一ら*
多陰極型	1975	松原、榎本
HCD法	1975	小宮宗治ら*
冷陰極法	1977	B. Zega
LPPD法	1977	中村、稲川ら
ゴールドエース法	1978	小林、土井ら
励起型ARE法	1979	吉原、森
Multi-Arc法	1980	ソ連で考案*
アーク放電型	1983	川下安司ら*

* 現在国内で市販されているもの

表3 反応ガスと化合物

反応ガス	得られる化合物
O ₂	SiO ₂ , SiO ₂ , TiO ₂ , TiO ₂ , Al ₂ O ₃ , ZnO, In ₂ O ₃ , SnO ₂ , Fe ₃ O ₄ , Fe ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃
	TiN, TaN, ZrN, AlN, GaN, Fe ₃ N ₄ , FeN, Si ₃ N ₄ , BN, InN, CrN
CH ₄ , C ₂ H ₂	TiC, SiC, ZrC
H ₂ S	CdS, SnS

電気体として装置内に導入し、その中で金属を蒸発させると、プラズマの化学反応により、表3の例のような化合物皮膜を得ることができる²⁾。これは、いわゆるセラミックス皮膜として注目されており、イオンプレーティング法の最も特徴とするもので、皮膜そのものが新素材の創製として期待が大きい。

- (2)ほとんどの素材上に成膜が可能。
金属はもちろんのことセラミックス、プラスチックなどに、直接、皮膜が形成できる。最近、ガラスに代わってプラスチックレンズが市場で見られるが、これは、プラスチック表面の傷防止用の透明保護、及び光学特性の改善として、イオンプレーティングの薄膜形成が実用化された事例の一つである。
(3)皮膜形成の設計自由度が高い。
蒸発物質、導入ガスの種類を交換することが容易であり、種々の素材上に皮膜種を変えた皮膜形成が簡単である（物理的蒸着法の特徴）。
(4)皮膜組織が比較的均一で純度が高い。
高真空領域で成膜が容易な方式が優位である。
(5)水素ぜい性がない。

電気めっきでは、被めっき物を陰極として電解を行うため、鋼種、めっき液の種類によっては水素吸蔵があり、必要な場合はめっき後のぜい性除去処理を行う。

3. イオンプレーティングから見た
湿式めっきの特徴

湿式めっきを代表する電気めっきは、金属イオンを含む溶液（めっき液）に電極を配置し、電解

によって陰極上に金属を析出させ皮膜を成長させる。無電解めっきは、電気化学反応に代わって、還元剤による化学反応により金属を析出させるめっき法で、現在の工業的利用の始まりは、昭和30年初め頃である。

イオンプレーティングを実験してみて、湿式めっきの特徴を次のように再認識している。

(1)作業性容易、処理の過程が目視できる。

減圧、密閉などの特別な容器を必要としないため、品物の出し入れが容易で、処理の過程が見える。

(2)平滑化、つきまわりなどの機能。

めっき浴に適当な添加剤を加えることによってその機能が得られ、装飾用途のめっきでは研磨工程が簡略化できる。最近のめっき技術では、0.5mmφ以下の小孔径内にもめっきが可能で、プリント配線板のスルホールめっきとして実用。

(3)凹部、裏面にもめっき可能。

陽極、補助極の工夫により、品物の表、裏、あるいはパイプ内面へのめっきが可能。

(4)加工対象面積が広く、コスト低減。

品物の形状、数量に適しためっき方法（めっき浴、静止法、回転法など）の選択により、処理コストが低減できる。

(5)皮膜形成効率がよい。

電気めっきでは、金属の電気化学当量とめっき浴の電流効率から、めっき速度が推定できる。イオンプレーティングでは品物以外の、装置内面にも同じように皮膜の堆積があり損失となる。

4. 公害防止対策

湿式めっきでは、めっき槽、反応槽を経るごとに水洗工程があり、その洗浄排水の処理が不適切な場合は、放流水域を汚染する。昭和40年代に産業公害が大きな社会問題となり、めっき業界では企業の存続をかけて排水処理施設を整備した。また一方では、毒劇物の含有量を少なくした低濃度処理液や公害要因の少ないめっき浴の開発研究が盛んとなり、表面処理技術として後退を強いられた時期があった。ちょうどその当時“水を使用しない新しい無公害めっき”と称して乾式めっき法

の売り込みカタログが方々から届いた。水質公害の防止対策で頭を痛めていためっき企業の中には本当にそのように考えていた人も多々あった。

現在では、このような滑稽な話はないと思うし、イオンプレーティングは薄膜形成技術として正論で紹介されていると考えるが、むしろ、2～3年前から問題化しているハイク産業公害の発生源の一つになっていないか、と心配に思う。即ち、目前の水が汚水で危険と思えば口にしなければよいが、ガスは目につき難く、良し悪しを選別して呼吸することはできない。有害ガスを吸い込んで初めて気づくとしたら恐いことである。

新素材開発のためのノウハウのもと、特殊ガスの使用による事故を発生しないよう、それなりの除害対策を設ける必要がある（表3を参照）。

5. 公設試におけるイオンプレーティング技術の動向

昨年開催された表面処理技術担当者会議（製品科学研究所）、ならびに材料研究会（機械技術研究所）の報告資料等を参考に、ドライプロセスによる表面改質技術に関連した研究を実施している機関を調べてみた。

現在、地方の公設試で、めっき、塗装、溶射など、いわゆる表面処理部門を置いている機関が約50箇所ある。このうち、昨年末までに、PVD装置を設置している所が22機関あって、そのほとんどがイオンプレーティング方式であった。（ちなみにCVD装置の設置数は11機関を数えた。）

イオンプレーティング技術の研究内容は、地方公設試の立場から、地域業界のニーズに基づく耐磨耗性の改善として、TiNやTiCに代表される超硬質セラミックスの皮膜形成に関するものが大半で、金型や工具材料の長寿命化を図っているものが多い。イオンプレーティング技術の最初の実験として最も代表的な対象である。

地域産業におけるイオンプレーティング技術の活用例として、福井県は鯖江市を核としたわが国最大の眼鏡産地がある。県内750社の関連事業所（従業者数約8,000人）があり、なかでも眼鏡枠は生産高で国内市場の79%（昭和61年度）を占める。

その製品の付加価値化として、イオンプレーティング技術を導入し、眼鏡枠に褐色～金色の色調と耐摩耗性を付与するためTiCN皮膜処理を行い、IPフレームの商品名で市場の人気を呼んでいる。ファッション化、高齢化社会の到来に、今後も需要拡大傾向が予想されている。

イオンプレーティング法は、前にもその特徴を述べたように、種々の化合物皮膜を作製できる自由度の高い表面技術で、多くの分野で開発、利用されていると思われるが、皮膜形成条件はシビアで、その技術ノウハウは、電気めっきの場合に比べてこれまではあまり紹介されていない。中小企業での新たな表面技術の普及を図るためにも、公設試の研究による多くのデータの公表が期待される。

6. 技術の複合

湿式めっきとイオンプレーティングは、これまでの技術分野からは「表面処理技術」であったが、最近では、開発目標によって新しい発想の意思表現として「表面改質」と言う呼び方を多く見聞するようになった。従来の装飾あるいは防食を目的とした「表面処理」に対して、表面に種々の機能を与える表面機能化を「表面改質」と区別して呼び、この両者に材料技術を含めた全体系を「表面技術」と呼ぶようである^{4), 5)}。

この解釈からいくと、イオンプレーティングは表面改質としての取り上げが多いだろうし、湿式めっきは古くは表面処理、新分野では表面改質の2つの顔を持つ。言い方を変えれば、湿式めっきは、広く日常生活から先端産業までを支えている。

湿式めっきとイオンプレーティングの技術が、いつまでも比較評価や論争をするのではなく、両者は互いに良い特性を分担していると考えて併用すれば、それこそ新たな表面改質技術と、新素材の誕生に期待が広がる。

例えば、難めっき素材に対してはイオンプレー

ティングで下地皮膜を密着させ、ある目的を持った粒子分散複合めっき（湿式）を行い、最終をイオンプレーティングにより超硬質皮膜で仕上げる。あるいは柔軟でレベリングの優れた湿式めっきで下地皮膜を作り、その上に所要のイオンプレーティング皮膜を形成させるなど、研究としても面白そうなアイデアが浮かぶ。

7. おわりに

湿式めっきと、乾式めっきの一つであるイオンプレーティングについて、経験的にそれぞれの特徴を述べ、これを生かした適用例と、両者を併用した複合技術を促した。

最近の技術誌で気づくことは、一見その分野とは直接関係がなく異質と思える新しい技術の紹介や解説が掲載されている。これは、ユーザーニーズ、要求機能の多様化に対して、異分野、異種技術に対する関心が高いことを示す。一例をイオンプレーティング技術についてみると、強い関心を持っている企業は精密加工関連企業に多く、自社の新製品、新技術の開発用施設として導入されている。即ち、新しい表面技術は業種に限定されず、多方面で利用されている。ましてや、従来の表面処理業での関心を求め、開発型の企業への発展を期待している。

（平成元年3月、表面技術協会第79回講演大会の依頼講演で一部を紹介）

（1989-7-3 受理）

文 献

- 1) 全鍍連30年史, p. 29 (全国鍍金工業組合連合会, 1978)
- 2) 村山洋一, 柏木邦宏; 実務表面技術, 29, 47 (1982)
- 3) 梶岡 秀; 広島県技術情報, No.47 (広島県産業情報センター, 1989)
- 4) 村川享男; 軽金属, 38, 485 (1988)
- 5) 高谷松文; 金属表面技術, 39, 353 (1988)