小特集 I. 複合めっきの最新動向

複合電解 Ni-P 合金めっきの アルミエンジンシリンダーへの普及の歩み —高性能化と低コスト化—

野 田 浩*, 金 沢 正 博**

Commercialization Process of Complex Electrolytic Ni-P Plating to Aluminum Engine Cylinder (Challenge for Higher Performance and Lower Cost)

Hiroshi NODA* and Masahiro KANAZAWA

Key Words : Automobile, Composite Plating, Aluminum Engine, Surface Treatment

エンジンのアルミ化が進む中、特に 2 サイクルエンジンの耐焼付性向上策として、シリンダーの内径に施す従来技術(ハードクロムめっき、鋳鉄ライナー方式など)から複合電解ニッケルめっきに移行する過程(改善点も含め)と、その優位性、処理工程などをトピックス的に述べる。

1. はじめに

エンジンのアルミ化が進む中、特に 2 サイクルエンジンの耐焼付性向上策として、従来、① 特殊鋳鉄ライナースリーブ嵌め込み、② ハードクロムめっき、③ シリンダーへの線爆、④ 特殊アルミ鋳物(特にシリンダー内面のみ)、⑤ ピストン、ピストンリング側への表面処理(特殊めっき、硬質アルマイト、固体潤滑処理など)が、一般的であった。

しかしながら、エンジン設計者から見て理想的なのが、通常のアルミ鋳物シリンダー内面への直接的表面処理であった。

この要求を安価に満たすため、我々は、① ハードクロムめっきよりさらに高性能、② 鋳鉄ライナースリーブ嵌め込みよりトータルコストが安くなる、ことをターゲットにし、15 年前に複合電解 Ni-P 合金めっき*1 の開発、改良、普及を開始した。

当社は、リン酸塩を初めとして各種薬剤製造メーカーであり、その分析、表面解析又、薬剤ライン管理方法の確立については得意分野である。このような当社の特徴を最大限に生かして、品質の安定・向上とコストダウンを両立させることができ、広く世に受け入れられるようになった。

当時、米国・NSU 社 Elnisil プロセス(ロータリーエンジンのセンターハウジングのトロコイド面に採用)と、旧西ドイツの Mahle 社の Nikasil プロセスが普及されつつあり、我々はそれよりも高性能化が期待できる(リン添加により耐熱性で優位)S 社の SCEM めっき技術からスタートした。

以下に、その普及の歩みについて簡単に述べる。

* 日本パーカライジング㈱ 防錆加工事業部 (〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-15-1)

Nihon Parkerizing Co., Ltd. Functional Coatings Div. (1-15-1, Nihonbashi, Chuo-ku, Tokyo 103-0027)

** 日本パーカライジング㈱ 防錆加工事業部 愛知工場 (〒475-0032 愛知県半田市潮干町 1-6)

Nihon Parkerizing Co., Ltd. Functional Coatings Div. Aichi Plant (1-6, Shioi-cho, Handa-shi, Aichi 475-0032)

* 1 当社ではこれを NCC-COAT と称している。

図1 複合電解 Ni-P 合金めっき分散状態(×450)

図2 複合電解 Ni-P 合金めっきの加熱温度と硬度の関係

2. 複合電解 Ni-P 合金めっきとその歩み

複合電解 Ni-P 合金めっきは、電着 Ni-P マトリックス(硬さ Hv 600, ベーキング後 Hv 800)の中に微細なファインセラミックスの分散剤を均一に共析させ、機能的に優れた皮膜を形成させるめっき技術である。

現在、分散剤として実用に供されているのは高硬度を有する SiC (Hv 2500) と自己潤滑性を有する α -BN (Hv 250) である。

2.1 特徴

複合電解 Ni-P 合金めっきは、①低温高電流密度での処理が可能で、皮膜形成速度が大きい(図1, 100 μ m/5~30分), ②めっき皮膜中の内部応力が小さく密着性良好, ③リン添加により、マトリックスの耐熱性が高い(図2, 350°Cで最高硬度), ④鉄系, アルミ系全種類に処理可能であり、且つ、オーステナイト系ステンレスにも密着

図3 処理工程

図4 処理方式・設備の変遷

性良好な皮膜が形成される(広汎な応用分野), ⑤分散剤の共析量をコントロールできる, ⑥保油性が向上する, ⑦耐摩耗性, 耐焼付性を向上させ、しかも相手材に対する攻撃性が少ない, などの特徴を有する。

2.2 処理工程

複合電解 Ni-P 合金めっきの処理工程を図3に示す。その特徴は、溶解性陽極(Ti 網中に Ni 球), めっきは浸漬方式で常時揺動, スルファミン酸ベース, 次亜リン酸を添加, 前処理~めっき連続処理(治具の乗せ変え無し)である。

2.3 適用の拡大

①レース用(二輪高速レース→モトクロス→スノーモービル)→②レースレプリカ(市販レーサー)→③一般車, 大型バイク(4サイクル多気筒)

2.4 適用エンジンの種類

- (1) 標準サイズ(内径 50~58 ϕ 程度)(図5)
- (2) 小径サイズ(40 ϕ 以下→小型陽極)
- (3) 大径サイズ(70 ϕ 以上→大型陽極)
- (4) 外部フィン付(空冷, 水冷)→処理液の持ち出しと液切れ
- (5) 4サイクル直列4気筒→新設計のめっき治具使用(図6)

2.5 処理方式, 設備の変遷

当社の処理方式および設備の変遷を図4に示す。

図5 2サイクル単気筒水冷アルミエンジンシリンダー

図6 4サイクル4気筒水冷アルミエンジンシリンダー

2. 6 最適分散剤の選定

複合電解 Ni-P 合金めっきにおいては、分散剤の選定が極めて重要である。最適な分散剤を選定するにあたっては、分散剤の種類、平均粒径(粒度分布)、形状、純度、硬度、処理液に対する濡れ性、不溶性、不活性、粒子表面状態などを考慮する必要がある。

2. 7 最適電流密度

皮膜性能に影響するため、分散剤の添加量や電析速度を考慮しながら最適な電流密度で処理しなければならない。

2. 8 各種改良点

図4に示したように、複合電解 Ni-P 合金めっきの適用範囲の拡大などとともに、処理方式および設備面での各種の改良を進めてきた。その主な改良点を(1)~(11)に示す。

(1) 少品種多量生産用自動装置から多品種少量生産向きに改善

当初、5~10機種で30万個/年で、機種変更に2時間+再スタート時のロスタイム4時間であった。しかし、適用機種の拡大とともに、40~50機種で30万個/年となった。これを可能とするため、自動運転しながら機種の変更を5分以内に終了できるようにした。6種類のエンジンシリンダーを同時連続処理可能で、しかも運転中に機種変更も可能である。

(2) 陽極の自動合体の確実性

(3) 治具精度、強度の向上

(4) 補助電極、マスキング治具の改良

(5) 密着性の安定・向上とコストダウン(高密着性

図7 手動中規模量産設備

と液長寿命化)→薬剤の内製化による(亜鉛置換液の交換7,000~10,000個→数10万個以上)

(6) 硬度 Hv 600 以上の確保(スノーモービルのような過酷なエンジンのカジリ焼付防止には、Hv 580 以上が必要との知見を得た→その後、他社競合品も追従した)→薬剤の内製化による(分散剤の吸着、凝集防止)

(7) 局部密着不良対応

(8) 均一分散(液中、皮膜中)

(9) 花咲き、めっき偏芯、焼け、ベタツキ、ピンホール、ザラツキなどに対応

(10) 各種薬剤更新頻度、管理方法の改良

(11) 通電入槽、めっき中の均一通電対策

3. アップフロー方式とその利点

複合電解 Ni-P 合金めっきのめっき浴は、アッ

図8 全自動量産設備

プフロー方式を採用している。これは、シリンダーを垂直にセットし、下部よりめっき液を圧送して、上部より噴出した液を滞留槽に戻し、循環する方式である。この方式を採用したことによって、①揺動が不要(故障激減)、②24時間の連続操業が可能→めっき槽1槽当たりの生産性が1.5倍(将来は4倍の可能性)滞留槽にてコンタミの連続除去、薬剤調整、③通電異常、密着不良の激減、などを実現することができた。

4. 今後の方向性

複合電解 Ni-P 合金めっきのさらなる拡大を図るためには、次に示す(1)～(6)などが課題であり、精力的に研究開発を進めている。

- (1) 高速めっき化→現行の約2.5倍
- (2) めっき精度向上(現行100～130 μm →めっき後 ホーニング加工にて50 μm)→めっき70～80 μm
- (3) 高密着性
- (4) 花咲き少

(5) 均一分散

(6) 分散剤(Si_3N_4 、カーボン、マイクロカプセルなど)

5. おわりに

現在、複合電解 Ni-P 合金めっきは、Y, K, S 社のものを、年間46万個(単気筒換算)処理しており、二輪、スノーモビルへの適用を普及させ、各社内製法の動きにもきっかけを与えたと自負しているが、今後さらに適用が増える傾向にある。その理由は、

- (1) 設計者にとって、高性能化が容易である(特に2サイクル、高回転、高出力、モトクロスのような大きなトルク変動をするもの、スノーモビルのように極低温と湿気にさらされるもの、高ダスト環境下など)
- (2) 市場クレームが激減する
- (3) 安価でできるようになってきた
- (4) 4サイクル多気筒エンジンに採用すれば、ボア間を極限まで狭めることができ、その分クランクシャフト、カムシャフトも短くでき、さらなる軽量化、コンパクト化が可能となる。

そして将来、もし自動車用、船外機用として環境対応型2サイクル多気筒エンジン、またメタノールエンジンの普及が始まれば、その耐久性に複合電解 Ni-P 合金めっきが必要であろうし、船舶用、中型ジーゼルエンジンの硫酸腐食に対しても有効であり、その他、水上バイク、草刈機、チェーンソー用小型エンジン、小型発電機用汎用エンジン、また自動車への適用を視野に入れ、さらに完成度を上げようと挑戦し続けている。東南アジアの環境対応による2サイクル→4サイクルの動き、電気自動車へのシフトを視野に入れながら、スクーター一体型多気筒エンジンも量産でき、もしホーニングまでということであれば、すでに一部を受注している。

(2000-10-10 受理)