各種の高速めっき法

Various High Speed Electroplating Methods

内 飴 安 男 *

Yasuo Uchikoshiki

各種の高速めっき法の中から、マイクロプレート法、ライナー法、高速度振動法を紹介し、それぞれの液かはん方法、めっき方法および問題点について述べる。

1. はじめに

電気めっきにおいては、被めっき物の前処理から最終工程まで自動化が進み、現在ではほとんどの工場が自動めっき装置を導入し生産性の向上をめざしている。しかし、今以上に生産性をあげるにはめっき速度をあげる必要があり、そのために各種の高速めっき方法が考案、検討され、すでに実用化されているものもある。

電気めっきにおける高速度めっきは高電流密度でのめっきを目的とするもので、高電流密度でのめっきを可能とするには次の手段がとられる。

1. 拡散係数の大きな塩を用いる。
2. 金属イオン濃度を高くする。
3. めっき浴の温度を高くする。
4. カソード面を激しくかくはんする。

このうち最も効果があるのはカソード面のかくはんであり、他は補助的な手段とされる場合が多い。したがって、高速度めっき法の開発はカソード面のかくはん方法の開発といえることができる。

2. 各種の高速めっき法

高速度めっき法としては、被めっき物表面にめっき液を噴射するジェット流法や噴流法、被めっき物自体を動かしてカソード面のかくはんを行う高速度振動法や陰極回転法がある。その他、超音波振動法、パルス電解法などがあるが、ここではマイクロプレート法、ライナー法、高速度振動法について述べる。

2-1 マイクロプレート法

アメリカのマイクロプレート社が開発したもので、主としてプリント基板のめっきを目的としており、銅めっき、ニッケルめっき、金めっき、ハンダめっきなど各種のめっきが行われる。装置としては、プリント基板全体をめっきするものから部分めっき用まであり、前処理から最終工程まで完全自動となっている。ここではプリント基板の端子部分をニッケルめっき、金めっきするものについて述べる。

(1) 装置およびめっき工程

本装置（マイクロプレート 700-S 型）はハンダはく離槽、ニッケルめっき槽、金めっき槽、回収

* 上村工業株式会社 中央研究所
〒573 大阪府枚方市出口1-5-1
☎0720-32-8171

* C. Uyemura & Co., Ltd.
Central Research Laboratory.
5-1, Deguchi, 1-chome, Hirakata-shi, Osaka 573

図1 めっき工程

槽、水洗槽、活性化槽からなり、その他、予備槽、ポンプ、ろ過機、プリント基板搬送機などを設けている。そして、図1のめっき工程にしたがって処理される。プリント基板は非処理部分をテープでマスキングした後、基板搬送用ベルトで両面を挟まれて連続的にめっき装置へ送られ、まず、端子部分のハンダはく離が行われる。

ハンダはく離によって下地の銅が現われるが、銅表面の合金層を除くために研磨が行われ、以後、ニッケルめっき、金めっき工程へと移る。各処理工程では、いずれも基板の端子部分のみが処理室またはめっき室に入り、各室とも密閉状態でめっき、回収、水洗などが行われる。プリント基板の

搬送速度は約1m/分、ニッケルめっきは 25 A/dm^2 以上の電流密度でニッケル膜厚 $5\text{ }\mu$ 、金めっきは 20 A/dm^2 以上の電流密度で金膜厚 $2\text{ }\mu$ を目標にめっきされる。

ニッケルめっき、金めっき工程でのめっき装置略図を図2に示す。めっき液は図中の矢印にそって循環し、流量は装置の規模によって異なるが、 $500\sim 800\text{ L/時}$ である。めっき液はポンプによって予備槽からめっき槽へ送られ、めっき槽内の加圧室に入り、加圧室上部のスリットからめっき室上部に向かって噴射される。

噴射されためっき液は、めっき室内に挿入されているプリント基板表面を乱流となって流れ、めっき室底部より流出し、予備槽へ戻る。したがって、プリント基板表面のかくはんは、めっき液を直接噴射して行うのではなく、めっき室内で生じた乱流によって行われている。

これは、被めっき物が小さなものであればめっき液を直接噴射してもかくはんむらは少ないが、被めっき物が大きなものでは噴射液の当りに強弱が出来、均一なかくはんが得られないためである。均一なかくはんが得られない場合、かくはんの弱い部分からヤケを生じ、限界電流密度(ここでは、ヤケを生じる直前の平均電流密度とする)はあまり上らないうえ、めっき外観もむらを生じる。

このマイクロプレート法は、めっき室内で乱流を生じさせるために、加圧室および加圧室のスリット、プリント基板と陽極間の幅、めっき室底部の液流出口、さらには、めっき室内に液の流れを妨げて乱流を生じさせるための障害物を設けるなどの

図2 マイクロプレート高速度めっき装置略図

工夫がなされており、これが本法の特長である。

(2) 陽極およびめっき液

ニッケルめっき、金めっき共に不溶性陽極（チタンに白金めっきしたもの）が用いられている。これは、可溶性陽極を使用した場合、陽極の消耗によって極間距離が変化するためである。極間距離を一定に保つことは、めっき液の流速およびめっき面のかくはんを一定にするために重要である。

また、本法は極間距離が非常に短いため、プリント基板両面の極間距離が異なれば、液抵抗によって電流値も異なりめっき膜厚差を生じ、さらには片面でヤケを生じるということも起るため、極間距離を同一にすることも重要である。

チタン-白金を陽極とするため、ニッケルめっき浴は塩素イオンを含まない浴が用いられる。これは陽極の腐食を避けるためで、スルファミン酸ニッケル浴または硫酸ニッケル浴が用いられる。不溶性陽極の使用により、電解によるニッケルイオン濃度の低下、pHの変動があり、めっき液の調整は通常の場合より頻繁に行う必要がある。

また、電解中はガス発生があるが、このガスはめっき液と混じり合い、めっき液によって運び出され予備槽で自然にガスぬきが行われる。めっき液の金属イオン濃度は、ニッケル浴、金浴共に通常の浴よりは高い。ニッケルめっき浴には光沢剤は添加されず、めっき外観は無光沢である。

2-2 ライナー法

めっき槽内に設けられた溝に、めっき液を高速で流すことによって、液かくはんを行うことを目的とした方法である。

(1) 装置およびめっき方法

めっき槽内に、めっき液噴出機（アジテーター）と噴出した液が拡散しないための壁が設けられており、この壁によって溝が構成されている。噴出機はモーターの回転を受けた回転子がめっき液を特製のスリットから噴出する機構になっており、溝内での流速は最大 200 m/分である。噴出機は縦、横いずれかの方向で通常一対設置されるが、多段で設置することも可能である。図3に本法の一例を示す。

被めっき物は溝内に置かれ、静止または液の流れに向かって移動しながらめっきされる。噴出機によって噴出されためっき液は溝内を層流状態ではほぼ一定速度で流れ、被めっき物の形状にそった流れとなって表面のかくはんを行う。溝内の流速は噴出機の回転を速くすることによって上昇するが、溝幅が広すぎる場合は噴出機から遠ざかるにしたがって低下し、乱流になる。

したがって、溝幅はなるべく狭くするのが流速を得るうえで有利であるが、溝幅を狭くすることは極間距離を短くすることであり、極間距離が短くなりすぎると陽極に近い面がヤケやすくなり限

図3 ライナーめっき装置略図

図4 流速と限界電流密度の関係

界電流密度はあまり上らない。溝幅は被めっき物の形状や大きさに応じて変える必要があり、適正な流速が得られない場合は、噴出機を多段にする方法がとられる。

図5 ライナーによるめっき物の膜厚分布

図6 ライナーによるめっき物の膜厚分布

(2) 陽極およびめっき液

陽極の設置方法には2通りあり、不溶性陽極とするか、可溶性陽極とするかによって異なる。不溶性陽極を用いる場合は溝壁の内側に固定され、

その大きさや形状は被めっき物に合ったものとする。不溶性陽極を使用する場合はめっき液の組成変化が起るため液管理を頻繁に行う必要がある。

したがって、めっき浴によっては可溶性陽極を用いることが必要であるが、可溶性陽極を溝壁の内側に設置する場合、消耗による極間距離の変化や取り替え作業を頻繁に行わなければならないといった問題を生じるためチタンケースを用い、これを溝壁の代用とする。そして、チタンケースの内側に塩ビ板などで被めっき物の形状に合った電流しゃへい板が設けられる。

(3) 限界電流密度および

均一電着性

図4は外径が10mm、20mmで長さ100mmのパイプと50mm×130mmの平板を図5、図6に示す配置で、ワット型ニッケル浴を用い、めっきした場合の流速と限界電流密度の関係について示す。限界電流密度はいずれも流速が上がるにしたがって高くなっているが、被めっき物によって異なり、パイプの場合は陽極に最も近い部分、平板の場合は上下のエッジからヤケを生じた。10mmパイプが最も高い限界電流密度を示したのは、3者の中ではより均一な電流分布をもつためと考えられる。電流分布をめっき膜厚からみると、20mmパイプの場合は陽極に近い部分と遠い部分ではかなりの膜厚差があり電流密度差が大きいことを示す。

平板の場合はほぼ均一な膜厚となっているが、ヤケは上下のエッジか

ら生じたことより、エッジへの電流集中が大きいと考えられる。したがって、限界電流密度と均一電着性は被めっき物の形状や大きさによって左右されるが、限界電流密度や均一電着性を高めるには陽極の形状、大きさも考慮する必要がある。

2-3 高速度振動法

被めっき物自体を高速度で振動させ、被めっき物表面で乱流を生じさせることによって、かくはんを行うことを目的とした方法。

(1) 装置およびめっき方法

図7は高速度振動装置の一例である。振動はモーターの回転をピストン運動に変えて得られ、振動数60～1,200回/分、振幅は1～100mmが実用的な範囲である。めっき液はとくにかくはんを行う必要はなく、めっき槽は通常のものが使用され、振動装置と組合せてめっきが行われる。

被めっき物の保持は、被めっき物自体が振動するため通常のラック等は使用出来ず、特製ホルダーが必要である。また、めっき物を強固に保持するためには広い範囲でホルダーを取り付ける必要があり、通常のめっきよりは多少広い範囲で非めっき部分を生じる。

(2) 振動条件と限界電流密度

限界電流密度は被めっき物の平均移動速度（ $2 \times \text{振幅} \times \text{振動数}$ ）が大きくなるにしたがって高くなるが、単に平均移動速度を大きくするのではなく、被めっき物の形状や大きさに適した振幅、振動数を求めることが必要である。

すなわち、被めっき物の振動によって、めっき物表面に激しく乱流を生じさせることが重要である。したがって、カソードロッカーのように大きな振幅で振動数が少ない場合や、パイプレータのように振動数は非常に多いが振幅が小さい場合では激しいかくはんが得られず、限界電流密度は低い。

図8は外径が7mmの鉄線を25mmの範囲でワット型ニッケル浴を用い、めっきした場合の平均移動速度と限界

電流密度の関係について示し、図9は電流密度とめっき外観変化について示す。ワット型ニッケル浴の場合、めっき外観は電流密度によって異なり、低電流密度の場合は灰色の無光沢であるが、電流密度が高くなるにしたがって、部分的光沢→光沢→半光沢と変化し、限界電流密度付近ではシモフリ状の半光沢となる。

また、光沢剤添加浴でも外観変化があり、限界電流密度に近づくにしたがって光沢、レベリングは低下し、光沢剤の効果は低下する。光沢剤添加浴と非添加浴では限界電流密度も異なり、非添加浴の方が多少高い。これらの傾向は高速度振動法に限らず、他の高速度めっき法においてもみられ、めっき外観の変化はめっき浴によって異なる。

3. まとめ

高速度めっきを行うには、激しいかくはんを行うだけでなく均一なかくはんを得ることが重要である。そして、めっき液のかくはん方法を開発すると同時に金属イオン濃度や浴温を高くしたりすることも必要である。しかし、金属イオン濃度を

図7 高速度振動法めっき装置略図

図8 高速度振動法における平均移動速度と限界電流密度の関係

図9 高速度振動法によるめっき物外観の変化

参考文献

- 川崎元雄, 水本省三 他
 金属表面技術 21 119 (1970)
 金属表面技術 24 196 (1973)
 金属表面技術 25 272 (1974)

高くするために金属塩濃度を高くすれば、めっき液の比重、粘度が高くなり、液かくはん効率は低下し限界電流密度はあまり上らない。また、金属イオン濃度・浴温の上昇によって均一電着性がさらに低下するといった弊害もある。

高速度めっきを行うには被めっき物の形状が重要なポイントとなる。凹凸の大きなものは凸部への電流集中によってヤケを生じやすく、限界電流密度はあまり上らない。そして、電流密度が高くなるにしたがって均一電着性は低下するため、めっき膜厚差が大きくなり不均一なめっきとなる。したがって、現在のところ、被めっき物は丸棒や平板など形状の比較的簡単なものが対象となっている。

しかし、これらの場合でも素地は平滑であることが要求され、素地の欠陥がそのままめっきの欠陥となり、めっき外観や耐食性を悪くする。

現在、高速度めっきは主として電子部品関係で実用化が進められているが、今後はさらに機能めっきの分野で高速化が進むと考えられる。

自動車の塗装工程を完全無人化

日産自動車㈱は塗装工程の完全無人化にメドをつけた。現在栃木工場のトライアル・ラインを使って試験中であるが、58年夏に操業予定の米国での小型トラック工場で完全実用化を図る。

自動車の塗装工程の無人化はかなり早くから進められているが、上塗り工程はムラのない均一塗装が難かしいこと、ボデーの内面の塗装が難かしいことが完全無人化のネックになっていた。

とくに内面の塗装にはドアの開閉、トランクルームの開閉が必要で人手に頼らざるを得なかったが、今回特殊なセンサーを使用することでこれを解決した。ソフトウェアの研究については塗装メーカーの大気社と共同で行い、米国工場では合計37台のロボットを使って無人化する予定。

(56. 11. 27 日刊工業)