無電解めっき用加熱システム

仲村 太一*

Heating System for Electroless Plating

Taichi NAKAMURA*

Key Words : Electroless Plating, Heating Design

無電解めっきはあらゆる産業に広く利用されている。めっき液の処理温度は析出速度や合金比率に影響を与えるので、厳密な管理が要求される。めっき液の加熱は実際にどのようなことになるのかについて述べる。

1. はじめに

無電解めっきは経済的な精密加工技術として発展してきた。特に、その優れた膜厚均一性、析出皮膜の特有の物性は、先端技術産業の要求する表面処理ニーズに合致し、今や必要不可欠のめっき技術となっている。

近年、特に電子機器の小型化、高密度化、高性能化にともなって、ますます高精密、高品質のめっきが必要になってきている。従って、このような技術的要求に対応可能なめっきを得るには、めっき浴の特性を生かすための十分な浴管理が必要である。

ここでは、めっき析出速度や皮膜組成、あるいは、めっき液の安定性に影響を及ぼすめっき浴の温度管理のなかで、その加熱の実際について述べる。

2. 各種無電解めっき浴の処理温度

無電解めっき浴には非常に多くの種類があり、

* 上村工業㈱中央研究所(〒573 大阪府枚方市出口1-5-1)
C. Uyemura Co., Ltd. C. R. Lab.
(5-1, Deguchi 1-chome, Hirakata-shi, Osaka 573)

表1 各種実用無電解めっき浴の使用温度

無電解めっき浴	使用温度	備 考
ニッケル (次亜リン酸塩型)	70～90℃	一般金属用 合成樹脂用
ニッケル (次亜リン酸塩型)	30～60℃	
ニッケル (ホウ素化合物型)	60～70℃	
銅	20～70℃	
金	60～95℃	ニッケルベース
スズ	65～70℃	
ニッケル系合金	60～90℃	
コバルト (次亜リン酸塩型)	70～90℃	
複合 (次亜リン酸塩型)	80～90℃	

めっきされる金属、浴組成、pH等で分類される。その中で、精密機械部品や電子部品に広く用いられる無電解ニッケルめっきと、プリント基板産業を支える無電解銅めっきが双壁をなしている。そのほか無電解金めっき、無電解スズめっき、無電解合金めっきや無電解複合めっき等が実用されている。実用化されている主な無電解めっき浴の使用温度を表1に示す。

使用温度範囲は常温から水の沸点に近い温度までであるが、プラスチックやプリント基板を対象とするものは低温で、金属やセラミックを対象とするものは中高温で利用するものが多い。従って、たいていのめっき液は加熱を必要とする。特に、低温維持が要求される場合は、冷却が行われるが、これは回りの室温からの熱や液循環用のポンプからの発熱に対処するためである。

3. 無電解めっきへの温度の影響

無電解めっきを使用する上において、浴の管理条件は重要なファクターである。そこで、無電解

図1 各種無電解めっき浴の温度と析出速度の関係

トリアロイNCP pH=9.0 溶比=0.15dm²/L

図2 析出物組成とめっき温度の関係

めっきへの処理温度の関わりを明らかにするために、測定例を図1、図2に示す。図1から、めっき処理温度はめっき析出速度に大きな影響を及ぼし、図2から、合金めっきでは合金組成にも影響することが明白である。また、図示しなかったが、無電解銅めっきでも同様な傾向を示す。もちろん析出速度や合金組成はめっき温度だけに影響されるものではないが、めっきの膜質を左右するひとつの大きな要因であるといえる。

図3 対流伝熱の温度分布

4. 無電解めっきの加熱方法

無電解めっきの加熱方法は、電熱コイルを内装した石英やステンレス製ヒーター、さらにその上にテフロンコートしたヒーター、またはステンレス製スチームコイル等による槽内直接熱交換方式、あるいは、ウォーターバスやオイルバスによる間接加熱方式で行なわれる。その形式などについてはすでに別項で言及されているので省略する。どのタイプを採用するかは主としてめっき浴の種類によって決定される。

無電解めっきの析出速度は温度の上昇とともに大きくなるが、めっき浴の設計時に設定された、正常なめっき析出のできる範囲を越えた温度になれば、異常析出を起こす。結果として正常なめっき皮膜が得られないばかりでなく、めっき槽や加熱装置への析出あるいはめっき液の分解となる。

加熱装置壁からめっき液への伝熱に、化学工学での対流伝熱を適用すれば、器壁近辺の温度分布は図3のように説明される。従って、器壁近辺の高温境界層ではめっきの異常析出が起こり易い。それ故、この高温境界層を可能な限り薄くするために加熱装置近辺の十分なかくはんが必要となる。

また、図3から明らかなように、加熱装置内部温度も適切な温度が要求される。このことはめっき浴に合った昇温速度が得られるように加熱装置を設定する必要があるといえる。例えば、15℃→90℃の昇温時間は、1～2時間とし、90℃に達すれば2時間程度の昇温に相当する加熱容量に設定する。

めっき膜質の一定化には槽内温度分布の均一化も重要である。それはプロペラかくはん、液循環

ポンプ、気体かくはん等を組み合わせて行われる。気体かくはんの場合、通常は空気かくはんであるが、めっき浴は還元雰囲気にあるため、めっき浴種によっては酸素ガスを嫌うものがある。その場合は窒素ガスが利用される。

大きな品物を処理するときや一度に多量の品物を処理するとき、高温浴においては冷えた品物が入ることによる浴温の低下にも配慮する必要がある。品物表面の温度上昇と浴温の回復にばらつきがあると、めっき膜厚のばらつきや密着不良の原因につながる。

図4 槽内熱交換直接加熱方式

図5 間接加熱方式

図6 オーバーフロー槽加熱方式

5. 無電解めっき槽の加熱形式

各種の無電解めっき槽の概略を図4～6に例示する。図4は熱効率のよい槽内熱交換方式で、無電解ニッケル、金、スズ、合金、複合めっき等、ほとんどの無電解めっきに利用されているタイプである。加熱装置の近くに液かくはんを兼ねたプロペラかくはん装置を設け、ヒーター表面の過熱を防いでいる。気体かくはんの可能なめっき浴ではヒーターの下部に気体吹き出し口を設け、プロペラかくはんと併用できる構造となっている。

図5は間接加熱方式である。めっき内槽に金属材料が使用できない場合は、熱効率はかなり悪い。しかし、過熱現象が無いので、めっき液が反応性に富み、槽内析出や自己分解し易いめっき浴に適する。最近では、めっき液の改良が進み、たいてい図4のタイプが利用されている。

図6は槽内熱交換方式の変形で、強い自己分解傾向を持つめっき浴、例えば、無電解銅めっきに賞用されている。オーバーフロー流を利用してヒーター近辺の過熱を防ぎ、もし過熱によって自己分解し、金属微粒子が発生しても、オーバーフローを経てろ過される構造になっている。

これらのめっき槽は、万一めっき液が自己分解した時への備えが必要である。めっき槽や加熱装置、あるいは配管材その他に析出しためっき皮膜は、はく離剤で容易に完全に除去できなければならない。そのため槽構造はできる限り簡素に設計する。また、金属材料で構成されている場合、槽内析出を防ぐために、一定電圧で、電気的に不動態化する析出防止装置も利用されている。

6. 無電解めっきの加熱装置材料

加熱装置の材料はめっき浴の特性に左右されるので、めっき薬品メーカーで指定されたものを使用するのが適切であるが、主な無電解めっき浴に用いられる加熱装置の材料を表2に示す。

ステンレス製ヒーターは前もって不動態化処理したものをを用いる。また、加熱装置の表面はなめらかな方が加熱装置の表面への不良析出が起こり

表2 各種実用無電解めっき浴の加熱装置

無電解めっき浴	加熱装置	備考（めっき槽材質）
ニッケル（次亜リン酸塩型）	SUS熱交, SUSヒーター, ウォーターバス方式	一般金属用 SUS, ガラス, PP
ニッケル（次亜リン酸塩型）	ウォーターバス方式（最適）, 石英ヒーター	合成樹脂用 PE, PP, ガラス
ニッケル（ホウ素化合物型）	ウォーターバス方式, SUS熱交, SUSヒーター	SUS, ガラス, PP
銅	テフロンチューブ熱交, テフロンコートヒーター	空気かくはんが必要 PP, FRP
金（厚付け用）	ウォーターバス方式（最適）, 石英ヒーター, テフロンコートヒーター, SUSヒーター	PE, PP, ガラス 空気かくはんは不可
スズ	テフロンコートヒーター, 石英ヒーター	PE, PP 空気かくはんは不可
ニッケル系合金	ウォーターバス方式（最適）, SUSヒーター, テフロンコートヒーター	ガラス, PP, SUS フッ素樹脂
コバルト（次亜リン酸塩型）	ウォーターバス方式	ガラス, PP
ニッケルベース複合 （次亜リン酸塩型）	ウォーターバス方式（最適）, SUSヒーター, テフロンコートヒーター	SUS, ガラス, PP

にくい。このことはめっき槽表面に対しても同様である。

7. おわりに

以上、無電解めっきの加熱システムについて記したが、これからも種々の無電解めっき浴が開発されることであろう。その加熱設計においては、めっき浴の使用温度、品物の熱容量、時間あたり処理量、槽の大きさ、蒸発面積、加熱装置容量等

で関係付けられる熱収支を十分に計算し、さらにめっき液の特性をも勘案して決められる。めっき浴の特性にあった加熱装置、加熱装置にあっためっき浴と、互いに各々の研究者が協力し合えば、さらなる進歩が期待されるであろう。

めっきの品質要求が厳しくなるにつれ、温度管理はめっきの品質に大きく影響するが故に、ますます温度管理が重視されることであろう。この小文が、無電解めっきの現場作業の一助になれば幸いである。

（1989-8-4 受理）