■小特集／めっき液の加熱、冷却

実験室レベルでのめっき液の温度コントロール

大 林 繁*, 小 林 道 雄*

Temperature Control for Electroplating in a Laboratory and its Application

Shigeru OHBAYASHI* and Michio KOBAYASHI*

Key Words : Electroplating, Temperature Control

実験室レベルないしは量試レベルでのめっき液の温度管理について、その測定方法の種類と実施例について述べる。さらに周辺機器を含めためっきの実験装置を紹介する。

1. はじめに

近年、装飾めっき・機能めっきを問わず、めっきに対してより一層厳しい加工精度—例えば、膜厚、均一性、微細化—高信頼性が要求されてきている。従って、めっきの精密化（ファイン化）を達成し品質の良いめっき皮膜を常に安定した状態で生産するには、めっき浴を良好な状態に維持しなくてはならない。

維持する内容とは、浴組成、浴容量、pH、表面張力及び比重、浴温度などさまざまであり、それぞれが重要な管理項目である。

ここでは、温度について実験室レベルないしは、量試レベルでの管理並びに簡単な実施例について述べる。また、参考としてめっきの実験装置として全体のシステムを紹介する。

2. 温度管理

めっき工程において前処理工程の溶剤脱脂剤、浸せき・電解脱脂液、酸活性液などは、液の温度によりその効果も大きく影響されるので適切な温

度管理が必要である。また電気めっきにおいては、めっき浴の温度が製品の光沢、外観、被覆力、均一性、電流効率その他に重要な影響を与え、特にめっき浴の温度管理は不可欠である。また無電解めっきにおいては、析出速度に影響があるのみならず、析出皮膜の物性にも大きな変化を持たらすことになる。

めっき槽には、加熱または冷却装置を設け、浴温を一定にするよう自動制御を行っている。まためっき浴の温度を均一にするためにかくはんも同時に考慮する必要がある。電解研磨や化学研磨においても同様であるが、乾燥工程やめっき後のベーキング並びに塗装の焼付け乾燥においても温度の自動制御を行う必要がある。

2. 1 温度目盛

温度の基本は熱力学温度 (T) であり、その単位はケルビン ($^{\circ}\text{K}$) で、セルシウス温度 (t) の単位はセルシウス度 ($^{\circ}\text{C}$) でありケルビンに等しく、ケルビンで表わした温度の値 T と度で表わした値 t とは、 $t = T - 273.15\text{K}$ の関係がある。

2. 2 温度測定方法の種類と原理

温度計の種類は多いが測定方式には、大きく分けて測温物に直接温度計を接触させる接触方式と、直接温度計は接触せず放射エネルギーを利用する非接触方式とが上げられる。(表1)

2. 3 温度計の選定及び取扱い

温度計は測定する目的に合った温度計を選択する必要がある。

(1) 温度の測定範囲と精度

(2) 測温部の材質、形状、大きさ、強度

* (株) ヒキフネ (〒124 東京都葛飾区東四ツ木2-4-12)
Co., Ltd. HIKIFUNE (4-22, Higashiyotsugi
2-chome, Katsushika-ku, Tokyo 124)

表 1 接触方式と非接触方式の比較

	接 触 方 式	非 接 触 方 式
必要条件	(1)測定対象と検出素子とをよく接触させること。 (2)測定対象に検出素子を接触させたとき、前者の温度（測定量）が実用上変わらないこと。	(1)測対象からの放射が十分に検出素子に達すること。 (2)測定対象の実効放射率が明確に知られているか、または再現可能であること。
特 徴	(1)熱容量の小さい測定対象では検出素子の接触による測定量の変化が生じやすい。 (2)運動している物体の温度は測りにくい。 (3)測定箇所を任意に指定できる。	(1)検出素子の接触を必要としないので、測定することによって測定量に変化することは一般にはない。 (2)運動している物体の温度も測定できる。 (3)一般には表面温度を測る。
温度範囲	1000℃以下の温度の測定は容易である。	一般には高温の測定に適する。
精 度	一般に目盛スパンの1%程度である。	一般には10℃程度である。
遅 れ	一般には大きい。	一般には小さい。

表 2 温度計の種類、特徴、精度

方式	温度計の種類		使用温度範囲	特 徴	だいたいの精度 ¹⁾
接 触 方 式	ガラス製計	水 銀 封 入	－50～650℃	簡便・安価で割合に精度よく測定できる。 振動・衝撃には弱く破損しやすい。	±1目盛
		有機液体封入	－20～200℃	遠隔測定には向かない。	±2目盛
		バイメタル式温度計	－50～500℃	簡便・堅固，自動記録，自動制御に利用できる。	±1目盛
	圧力式温度計	120液体充満式	－30～600℃	目盛間隔を等間隔にでき，振動衝撃には強い。 遠隔測定，自動記録，自動制御に利用できる。	±1目盛
		蒸気圧式	－20～350℃	目盛は不均一になるが，特定の温度範囲のものが作れる。 他の特徴は上記に同じ。	
	熱電度計	使用する熱電対 R	0～1,400 (1,600)℃	安定性がよく，標準用に適する。酸化性雰囲気には強いが，水素ガス・金属蒸気には弱い。	±1目盛 (±0.5～±3℃)
		使用する熱電対 R	－200～1,000 (1,200)℃ 熱電対の径により異なる	熱起電力の直線性はよい。酸化性雰囲気，金属蒸気には強いが，水素・一酸化炭素・亜硫酸ガスには以外と弱い。	±1目盛 (±1℃)
		使用する熱電対 J	－200～700 (800)℃ 熱電対の径により異なる	CA 熱電対より安価で，IC 熱電対より耐食性が良い。 熱起電力は5種の中ではもっとも大きく，CA の2倍近くある。	±1目盛 (±1℃)
		使用する熱電対 E	－200～600 (800)℃ 熱電対の径により異なる	安価で，熱起電力が大きく，直線性もよい。 還元性雰囲気に適するが，品質のばらつきが大きく，さびやすい。	±1目盛 (±1℃)
		使用する熱電対 T	－200～300 (350)℃ 熱電対の径により異なる	安価で，低温特性・均質度もよく，還元性雰囲気に適する。	±1目盛 (±0.3℃)
	白金抵抗温度計 ²⁾		－200～630℃	温度－抵抗の関係がよく調べられており，もっとも安定で，標準用としても使用される。工業用には低温用，高温用の別があるので注意。	±1目盛 (±1℃)
	サーミスタ温度計		－50～350℃	感温部が小さいので応答が速い。また抵抗変化が大きいため，微小温度変化の測定にも適する。種々の形状のものが作られている。温度－抵抗の関係に直線性がないので，目盛りスパンは限られる。	±1目盛
非 接 触 方 式	光 高 温 計		700～3,500℃	構造が割合簡単で，高温が手軽に測定できる。一般には肉眼観測であるが，光電素子を用いた精度のよいものもある。放射率の影響は放射温度計に比べて小さいが，真温度を求めるためには補正を要する。	±10℃～±20℃
	色 温 度 計		200～3,500℃	応答は速く感度もよい。光路中の吸収・放射率とも影響は小さいが，周囲の強い光の反射には影響される。その他放射温度計に同じ。	±5℃～±20℃
	放 射 温 度 計		－50～3,000℃ 検出素子により異なる	応答速度が速く，移動物体の測定に適する。遠隔測定・自動記録・自動制御に利用できる。測定環境に影響されやすく，放射率の補正は必要である。	±5℃～±20℃

注 1) 適当な校正を行った場合であり，() は測温素子のみについて記した。

注 2) その特徴は，測温素子について記した。

図1 各種温度計の使用範囲

- (3) 温度指示, 記録, 自動制御の必要性
- (4) 温度変化の応答性や許容度
- (5) 耐久性, 耐食性
- (6) 測温部や計器の互換性
- (7) 取り扱いやすさと保守, 維持管理のしやすさ
- (8) 示度の読み取りやすさと記録法

これらの点をよく検討し選択する必要がある。

各種温度計の利点と欠点などを表2に示し, 使用温度範囲を図1に示した。

なお, 白金抵抗温度計が精度, 耐久性, 自動制御などから最も一般的に用いられているが, 測温部に対する耐久性が最も重要である。従って振動や衝撃には十分注意し, また腐食性ガスや溶液に対する保護などを考えた上で設置や保守など適切な処置をとる必要がある。

図2 温調器システム

20mA 12VDC

図4 内部接続図

3. 温度管理の実際

ここでは実験室レベルでの温度管理として100Vにて装置を組み立てている。生産的には主に200Vが使用されているが基本的には同じ内容である。温度調節器の種類としては, 下記のものが上げられる。

図3 温調実体配線図

- (1) 金属膨張式 (バイメタル)
- (2) 液体膨張式 (油圧式; 代表例ロバートショー)
- (3) 抵抗式 (サーミスタ)
- (4) 熱電対式

先に述べたように温度計もさまざまな種類が上げられるが、組み合わせによって使用できないものもある。精度、特徴など十分に考慮した上で設定する必要がある。

次の図2に筆者らが実際に使用している温度調節関連について示した。ヒーターは、400W-100Vを用いている。また温度計(センサー)は、白金測温抵抗体を使用している。出力側を通常の100Vのコンセントにしておけば、電熱器にも接続可能であり、ピーカーでの直接加熱に充分使用することができる。

また、図3には、それぞれの配線の方法について、何番は何番に接続するかといったように具体的に示した。参考までにメーカーで添附してある配線図を図4に示した。先に上げた配線と若干異なるが、使用には問題がない。リレー等完全でない形で使用しても充分使用できるので、電気回路が得意でなくともこれと同じ様に配線すれば自作できる。参考までに品名と価格について示す。但し、価格は目安として示したもので、購入にあたっての参考としていただきたい。

温度調節器	OMRON E5CS	15,000円/台
接続ソケット	OMRON P3G-08	200円/台
白金測温抵抗体		9,000円/本
石英ヒーター400W		3,800円/本

図6 直流安定化電源0~8V-5A

図7 マイクロ・レコーダー

図8 直流精密電流計

4. その他周辺機器について

温度管理とは異なるかと思うが、参考として図5

図5 めっき装置の全体システム

図9 直流積算電流計とシャント抵抗

に実験室レベルでのめっき装置の全体システムを示す。

マイクロ・レコーダは、電圧・電流の変動が一目で分かるので長い時間めっきする時は、特に有益である。また直流精密電流計並びに直流積算電流計は、毎回同一内容で繰り返し実験する時には、必要である。なお、それぞれの機器を図6～9に示した。

また、図10に正/逆転タイマー装置、図11にめっき装置の一例を示した。なお、図12はモーター正/逆転タイマー装置のシステム例を示したものである。

5. おわりに

温度管理について多少の具体例を用いて述べた。温度管理では、より精度の高い温度計並びに温調器を用いても、めっき槽の形状、かくはん状態で槽内の温度分布は変動する。従って、その装置に見合った温度管理を十分に考慮した上で設計する必要がある。温調器で示される温度は、あくまで

図10 モーター正/逆転タイマー装置

図11 めっき装置の一例

も目安であって、真の値ではないことを認識する必要がある。常に水銀温度計（アルコール温度計に比べ精度は高い）等で確認すべきであろう。

この小文が、めっきの実験装置を考える一助となれば幸いである。
(1989-8-22 受理)

図12 モーター正/逆転タイマー装置の具体例