■小特集／めっき液の加熱、冷却

めっき液の加熱

—蒸気ヒーターによる加熱—

池田 保俊*

Heating System for Electroplating

Yasutoshi IKEDA*

Key Words : Electroplating, Heating System

めっき液の加熱(温)方法として、電気ヒーター、直火、ボイラーの3つの方法がある。本稿ではボイラーを使用した蒸気ヒーターによるめっき液の加熱方法について紹介する。

1. はじめに

めっき液又は、水を加温するためには大きな熱量が必要である。“水”は他の金属等に比べ比熱が大きいので、その溶液などを加温するには、大容量の熱源を必要とする。

そのため、めっき液の加温にあたってもいくつかの方法が実用化されている。その方法は、大きく分けてボイラー、電気ヒーター、直火によるものの3つの方法がある。電気ヒーターによる加温については、この小特集で詳しく述べられているのでここでは省略する。

また、直火は、火の当たる面のみが、極度に温度上昇する為、めっき液に余り良い影響を与えない。その他、意外であるが、それほど熱効率も良くない。煙突からほとんどの熱気が逃げてゆき、効率は30～50%位である。

2. ボイラーによる加熱

ボイラーの加熱方法には大きく分けて、蒸気ボイラーと温水ボイラーとがある。

温水ボイラーは、60℃～80℃位の温水を作り、めっき液に接触する部分の温度が低くならない。硫酸銅めっき液などに使用される場合がある。しかし、その他のめっき液には不適當である。そこでここではボイラーによる方法のうち、蒸気ボイラーによる加温方法について述べる。

図1 蒸気ヒーターと電気ヒーターの比較
(例 200Lの液を加温した場合)

図2 蒸気ヒーターと加熱コイルの比較
(例 1000Lの液を加温した場合)

* タイホーテクノ(株) (〒332 埼玉県川口市東領家2-37-18)
Taihotechno Co., Ltd. (37-18, Higashiryoke
2-chome, Kawaguchi-shi, Saitama 332)

3. 蒸気について

蒸気は、100℃の湯に更に539kcal/kgという大きなエネルギーを与えると発生する。すなわち、蒸気の持つエネルギーは100℃の湯の約5.4倍である。

しかしながら、めっき液の加熱に必要なのは、蒸気ではなく熱エネルギーである。そこでこの加熱方法における蒸気の役割は、「ボイラーにより集中的に作り出す事が出来る媒体である。」と考えることができる。

- さらに、ボイラー使用によるメリットとして、
(1)火元を集中管理出来るので、火災などの危険が少ない。
(2)蒸気配管により、どこへでも手軽に大きな熱エネルギーを移送する事が出来る。

4. 蒸気ボイラーによる
加熱システムの導入

蒸気ボイラーによる加熱システムの導入にあたっての注意事項について、簡単に述べる。

4. 1 めっき量と必要熱量

まず、加熱しなければならない量（めっき液量）とそのための必要熱量を考えなければならない。
目安として、冬場の使用温度より30℃下の温度から使用温度までの立上り時間を約1.5時間とする。すなわち、ボイラーのスイッチを押してから、めっき液の温度が指定の温度になるのに約90分かかるものとする。ここで、30分で昇温したいとす

表 1 めっき工程における加熱液量と温度

槽 名	槽 寸 法	液 量	使用温度
脱 脂	450× 500×700 ^H	140 L	50℃
〃	〃	140 L	50℃
〃	500× 900×900 ^H	360 L	50℃
電解脱脂	500× 500×800 ^H	180 L	50℃
銅 ス ト	500× 600×800 ^H	200 L	50℃
ロジウム	400× 400×700 ^H	100 L	60℃
金	400× 400×700 ^H	100 L	70℃
ニッケル	500× 500×800 ^H	180 L	55℃
ニッケル	900×3200×900 ^H	2300 L	55℃

ると過大設備となってしまう。通常、指定温度まで1時間～1.5時間位かかる設備が適当である。

その他、途中の配管ロス等を約20%と大目にみるとボイラーの大きさは下記のように考えることができる。

必要とするボイラーの熱量＝

めっき液量×温度差×

1/立上り時間×1/ロス÷蒸発熱

例えば、昇温しなければならないめっき液量を15300Lとした場合、

$15300L \times 30^{\circ}C \times 1/1.5 \times 1/0.8 \div 1/539$

の式ができる。その結果、ボイラーの適応機種としては、750kg/Hが得られる。また、高い温度でめっきを行う無電解ニッケルめっき、アルマイトの封孔処理、化学研磨などの場合は、冬場での温度降下をよく調べて、計算する必要がある。

さて、前記の式から750kg/H程度のボイラーが必要であるとの結果が出た。この場合、もしスペース的に余裕があるのなら、400kg/Hのボイラー 2 台設置することが望ましい。

その理由としては、めっき液の加熱にボイラーを使う場合、朝の立上りに100%の出力が必要となるが、一度温度が上ってしまうと、約30%位の負荷になってしまう。また、1 台が故障しても、もう一台で仕事出来るからである。

4. 2 熱交換量の選定

蒸気でめっき液を加熱するには、

- ①蒸気そのものを、めっき液の中に吹き込む。
②パイプなどに蒸気を通し、めっき液の中をくぐらせる。

という、大きく分けて2つの方法がある。しかし、配管の錆や、ボイラーに投入される錆止め材のめっき液中への混入等を考え、①の生蒸気の吹き込みは、現在ではほとんど行われていない。

すなわち、蒸気の持つ熱エネルギーだけを間接的にめっき液に与えて、めっき液を加熱する方法が一般的である。

蒸気用の熱交換器は、いろいろのメーカーが出ており、その選択にあたって注意しなければならないのはつぎの2点である。

- ①めっき液に対して材質を間違わない。

表2 めっき液、各種薬品に対する適応材質

耐食性 R: 室温 B: 沸点 O: 可 X: 不可

めっき浴	材質	温度℃	チタン	ニオブ	タンタル	ジルコニウム	SUS27
銅	青化浴	60	O			O	O
	硫酸浴	60	O冷却	O	O	O	X
	ピロリン酸浴	60	O	O	O		
ニッケル	ワット浴	50	O	O	O	O	X
クロム	サージェント浴	50	O	O	O	O	X
	ケイフ化浴	50	X	O	O	X	X
	エッチング液	60		O	O		X
亜鉛	青化浴	30	O	O		O	O
	硫酸浴	30	O	O	O	O	X
	塩化浴	25	O	O	O	O	X
アルマイト	硫酸浴	20	O冷却	O	O	O	X
スズ	シュウ酸浴	35	X	X	O	O	
	酸性浴	20	X	O	O	O	
	リン酸 75%						
研磨液	硫酸 15%	80	X	X	X	O	X
	硝酸 5%						
	水						

A: 完全 (0.13mm/年) B: やや可 (0.13~1.3) C: 不可 (1.3mm以上)

分類	薬品	濃度	温度	チタン	ニオブ	タンタル	ジルコニウム	SUS32
無機酸	塩酸	5	R	A	A	A	A	C
			B	C	A	A	A	C
		10	R	B	A	A	A	C
			B	C	A	A	A	C
		20	R	R	C	A	A	C
			B		A	A	A	C
	硫酸	35	R	C	A	A	A	C
			B			A	A	C
		5	R	A	A	A	A	A
			B	C	A	A	A	C
		10	BR	B	A	A	A	C
			B	C	A	A	A	C
		60	R	B	A	A	A	C
			B		B	A	A	C
		80	R	C	A	A	C	C
			B		C	B	C	C
酸	硝酸	95	R	C	A	A	C	A
			B			C	C	C
		10	R	A	A	A	A	A
			B	A	A	A	A	A
		30	R	A	A	A	A	A
			B	A	A	A	A	A
		68	R	A	A	A	A	A
			B	A	A	A	A	B
		発煙硝酸	R	A	A	A	A	A

分類	薬品	濃度	温度	チタン	ニオブ	タンタル	ジルコニウム	SUS32
無機酸	リン酸	30	R	A	A	A	A	A
			B	C		A	A	B
		50	R	B	A	A	A	A
			B	C		A	A	B
		70	R	B	A	A	A	A
			B	C		A	B	C
		85	R	B	A	A	A	A
			B	C		A	C	C
	クロム酸	20	R	A	A	A	A	
			B	A		A	A	
有機酸	酢酸	100	R	A	A	A	A	A
			B	A	A	A	A	A
	シュウ酸	10	R	B		A	A	B
			B	C		A	A	C
	ギ酸	50	R	A	A	A	C	C
			B	C	A	A	A	C
	クエン酸	50	R	A	A	A	A	A
			B	B	A	A	A	A
アルカリ	カ性ソーダ	20	R	A	A	A	A	A
			B	A	C	A	A	A
		40	R	A		C	A	A
			B	A		C	A	A
	カ性カリ	50	B	C		C	A	A
塩化物	塩化第2鉄	30	R	A	A	A	A	C
			B	A	A	A	A	C
	塩化ナトリウム	20℃飽和	R	A		A	A	B
			B	A		A	A	
	塩化アンモン	25	R	A	A	A	A	B
			B	A	A	A	A	
	塩化カルシウム	25	R	A	A	A	A	B
			B	A	A	A	A	
	塩化マグネシウム	42	R	A		A	A	A
			B	A		A	A	A
硫化物	硫酸アンモン	20℃飽和	R	A		A	A	A
			B	A		A	A	
	硫化ソーダ	10	R	A		A	A	
			B	A		A	A	
	硫酸ソーダ	50	R	A		A	A	
			B	A		A	A	
	硝酸アンモン	10	R	A		A	A	A
			B	A		A	A	A
硝酸化合物	硝酸カリウム	all	R	A		A	A	
			B	A		A	A	
	塩素ガス	wet	R	A	A	A	C	C
	塩素水	ガス飽和	R	A	A	R	C	C
複合ガス	亜硫酸ガス	wet	CB	A	A	A	A	A

* クロメート SUS, チタン不可, テフロンのみ可

表3 蒸気ヒーターの性能

型 式	有効L (m/m)	発熱量 (Kcal/H)	KW 換算	型 式	有効L (m/m)	発熱量 (Kcal/H)	KW 換算
40A-3	300	4,590	3.3	50A-3	300	5,700	6.6
40A-4	400	6,120	7.1	50A-4	400	7,600	8.8
40A-5	500	7,650	8.9	50A-5	500	9,500	11.0
40A-7	700	10,170	12.5	50A-7	700	13,300	15.5
40A-8	800	22,240	14.2	50A-8	800	15,200	17.7
40A-10	1,000	15,300	17.8	50A-10	1,000	19,000	22.1
40A-12	1,200	18,360	21.3	50A-12	1,200	22,800	26.5
40A-15	1,500	22,950	26.7	50A-15	1,500	28,500	33.1
40A-20	2,000	30,600	35.6	50A-20	2,000	38,000	44.2

(蒸気圧 3 kg/cm²)

図3 蒸気ヒーターの形状

②能力を少し大き目に見る。

表2に、それぞれのめっき液に対する適応材質を示す。

さて、次に注意しなければならないのは熱交換器の能力である。

例えば、ニッケル液のタンク寸法が、1300×700×800(液面700^{mm})で、使用温度が55℃とする。

$$\text{液量} : 1.3 \times 0.7 \times 0.7 = 0.637 \text{m}^3 \rightarrow 637^{\text{L}}$$

熱交換器の能力をQとすると、

$$Q = 637^{\text{L}} \times 30^{\circ}\text{C} = 19110 \text{kcal/H}$$

図4 ドレン回収システム

これらの値から、熱交換器を選択するわけだが、その一例として弊社の「蒸気投入ヒーター」について紹介する。

表3から、＜40A-12＞程度となる。40Aの12だとタンクの深さが、700mmしかないので“L”型となる。

タンクの中には、エアブローアがあったり、めっき液温度の均一化のために両サイドに＜40A-6＞を1本づつ取付ける。

材質はニッケル液であるのでチタンとなる。

4.3 ドレン回収システム(図4)

ボイラーから出た蒸気は、めっき液の中で、湯に戻る。通常80℃位の湯であるのでボイラーに戻して、もう一度加熱し再利用する。これをドレン回収という。このシステムは、特にめっき業の場合には、つぎのようなメリットがある。

①熱エネルギーの節約(80°の給水)

②水エネルギーの節約(再利用)

③排水処理の能力軽減

ボイラーには通常錆止め剤(清缶剤)が含まれており、pHが8～9位ある。又、高温であるため、特にめっき工場の場合一般の雨水の排水溝に放流出来ない。

④めっき液の流出防止

このシステムでは、万が一熱交換器に穴があいた場合、めっき液は熱交換器の中に入り込んでもドレン回収タンクをチェックしていれば、工場外への漏出を防止することができる。

4.4 配管

めっき工場には、酸やアルカリ等の腐食性ガスがあるため、耐腐食性を考慮した配管をしなければならない。

その注意項目として、

①水やめっき液のかかる所は配管を通さない。

②保温材等でしっかり包み、耐腐食性又、作業場の作業性(やけどや高温多湿)を考慮する。

③どうしても水やめっき液のかかり易い所は材質に注意する。

④ドレン溜りを作らない。(ウォーターハンマーを起こすし、冬場ドレンの抜けが悪く作業性を害する)

⑤ドレン配管は、通常ボイラーからの送気圧で、

ボイラーまで、ドレンを戻す単純な方法を採用する。この時は、送気圧水頭 $\times 1/10\mu$ 以下すなわち、 5 kg/cm^2 の送気圧（水頭圧は $50''$ ）であるので、 $50'' \times 1/10 = 5''$ 以下とする。それ以上、高く上げる場合はポンプを使用する。

⑥蒸気、ドレン配管の材質は、通常蒸気管については、鉄管を使用するが、めっき工場内では、亜鉛の溶融めっきされたパイプを使用する場合がある。

4. 5 機 器

①スチームトラップ

熱交換の中で、蒸気が湯に戻ったその湯だけを排出するものである。めっき工場の場合、トラッ

プが1ヶ所でもつまったり、不良になると、めっきライン全てが止まってしまう。そのため、色々な型式のものがあるが、その選択には充分注意しなければならない。

②温調器センサー

他の章でも述べられているが、めっき工場の場合、脱脂や湯洗のように比較的溫度制御に範囲のある場合を除いて、めっき液の場合には電気式の温調器と蒸気用の電磁弁の組合せが多く利用されている。

ただ、溫度調節器、電磁弁とも完璧なものではないので、溫度の上り過ぎ等は、時々チェックする必要がある。

(1989-8-10 受理)