ろ過機によるめっき液の品質向上, 省資源

Quality Elevation and Saving of Plating Solution in Filtration Process

めっき液の品質向上をはかるろ過機の, 省資源, 省エネルギーを考えた現場的な適正操作方法及び機種選定方法について述べる。

柳下 相三郎*

Aizaburo Yagishita

佐藤 孝**

Takashi Satoh

1. はじめに

めっき液の品質向上の1つの条件として, ろ過条件, 特にろ過精度, ろ過速度, 循環ろ過回転数及びろ材の洗浄効果は重要である。一方, 省資源, 公害防止の立場から最小限の洗浄水量で効果的なろ材洗浄を行ない, ろ材洗浄液の回収(有価めっき液の回収)もまた重要である。この報告ではめっき液の品質向上に対するろ過条件及び機種選定方法, 省資源の立場からろ過機の洗浄方法とその洗浄液回収について概説する。

2. めっき液中に含まれる懸濁物質の特性

2-1 粒子径

めっき液中に存在する懸濁物質は, 一般に難ろ過性物質であるといわれているが, それがどんな粒子径でまたどんなろ過性であるかを調査検討する必要がある。ここでは代表的

な前処理浴, めっき浴中に含まれる懸濁物質の粒子径, 個数分布を測定した結果を表1に示す。測定は孔径 $0.45\mu\text{m}$ の塩化ビニール製メンブレンで各めっき浴から採取しためっき液を 100ml ずつろ過しメンブレン上に捕集された粒子を顕微鏡で測定したものである。ここで前処理工程, 作業環境により同じめっき液でも異なった粒子が存在することが十分考えられたため, 同じめっき液に対し2~3社を調査しその平均を求めた。表1から明らか如くめっき液に含まれる懸濁物質はほとんどが $3\sim 7\mu\text{m}$ と非常に微細である。

2-2 懸濁物質の圧縮指数

粒子のろ過性を比較する指標として懸濁物質の圧縮性が大きくろ過性に影響を及ぼす。懸濁物質の圧縮性を比較する圧縮指数は, 0~1の間に分布し0に近いほどろ過がしやすく, 1に近づくほどろ過がしにくいという指数であり, 0に近いものとしてろ過助剤として使用されているケイソウ土, 1に近いものとして一般に水酸化鉄の様な金属水酸化物等の

* (株)三進製作所 代表取締役社長
〒464 愛知県名古屋市中村区亀島町2-22
☎ 052 (451) 7291

** 同所 大山工場 研究開発室 研究員
〒484 愛知県犬山市羽黒貴船浦 1-2
☎ 0568 (67) 0466

* Sanshin MFG. Co., Ltd.
2-22, Kameshima-cho, Nakamura-ku,
Nagoya-shi, 464

** Sanshin MFG. Co., Ltd. Inuyama Factory
1-2, Aza-kifuneura,
Haguro, Inuyama-shi, 484

表1 めっき液中の懸濁物質粒子径

めっき液	粒子径 μm
半光沢ニッケル	3.5 ~ 7.0
光沢ニッケル	3.5 ~ 7.0
アルカリ脱脂	3.5 ~ 7.0
電解脱脂	1.5 ~ 5.0
硫酸銅	10 ~ 15
ピロリン酸銅	3.5 ~ 7.0
クロム	1.7 ~ 7.0

粒子径：個数分布が80%を占める粒子径

物質である。表2には表1と同様、代表的なめっき浴に含まれる懸濁物質の圧縮指数値を調査した結果を示すが、表2の如くほとんどのめっき浴中の懸濁物質の圧縮指数値は0.5以上とかなり難ろ過性を示し、アルカリめっき浴は酸性めっき浴に比較して高い圧縮指数値を示している。このように微細な粒子を含みかつ高い圧縮性の粒子を含む液のろ過には、十分なろ過条件を考慮する必要がある。

3. プレコートろ過の必要性とプレコート量

微細でかつ圧縮性が高い懸濁物質のろ過方法としてプレコートろ過方式が実施されているが、ろ過液の清澄度とプレコート量の関係を表3に示す。表3では、水道水中に水酸化第二鉄を100mg/l混入したものを原液とし、ろ過面積を100cm²、ろ過速度1.5m/hrで、一般的にめっき用ろ過機に使用されているろ過布上にケイソウ土を各一定量プレコートし、ろ過を行ない一定時間ごとのろ過液の清澄度を測定したものである。測定値は原液の懸濁物質濃度に対するろ過液中に含まれる懸濁物質割合、すなわちリーク割合(%)で示した。表3の如く

表2 めっき液中の懸濁物質の圧縮指数値

めっき液	圧縮指数
光沢ニッケル	0.51
装飾クロム	0.65
ジンケート	0.54
青化亜鉛	0.74
アルカリ脱脂	0.71

プレコート量350g/m²以下の少ないプレコート量でろ過を行うと、ろ過初期から清澄度が十分に得られず、やはり従来からいわれているプレコート量500g/m²~700g/m²¹⁾という値がろ過初期から清澄ろ液を得るに必要である。ろ材洗浄の立場からも、懸濁物質が直接ろ布に付着しないため、洗浄性を良好にすることにつながる。また、めっき液のろ過に当てはめると、実験ではかなり高濃度の懸濁物質濃度でろ過実験を行ったが、めっき液の懸濁物質濃度は実験懸濁物質濃度の約 $1/5 \sim 1/10$ と少ないためプレコート量が所定量以下の場合、良好なろ過精度を得るには長時間を要することになり適正なプレコート量が、粒子径の微細な難ろ過性の物質のろ過に対して必要とされる理由である。

4. めっき液のろ過における適正なろ過速度

図1は実際にめっき液中に含まれるような圧縮性の高い懸濁物質に対してろ過速度の及ぼす影響を検討するために実験したデータで

表3 プレコート量とろ過精度の関係(単位：リーク割合%)

ろ過時間 min \ プレコート量 g/m ²	100	200	350	500	1,000
5	23.7	23.7	3.7	trace	trace
10	17.7	6.0	trace		
15	12.0	trace			
20	5.3				
30	trace				

ろ過速度 1.5m/hr ろ過助剤 ケンソウエ

ある。ろ過原液はめっき液に含まれる懸濁物質と同様の粒子径、圧縮指数値を示す水酸化第二鉄を50mg/l 水道水中に懸濁させ、一定ろ過面積で定量プレコートをを行ない2 m/hr, 4 m/hrのろ過速度（ろ過液がろ過面積を通過する速度）の相異によるろ過時間と、ろ過圧力を比較したものである。図1から明らかな如く、ろ過速度4m/hrの比較的はやいろ過速度でろ過を行った場合ろ過圧力の上昇は、ろ過速度2 m/hrで行った低速ろ過に比較し、非常にろ過圧力の上昇が速い。例として循環ろ過流量は同一にして、ろ過圧力1.5 kg/cm²が生ずるまでのろ過時間は、ろ過速度4 m/hrの場合900sec, ろ過速度2 m/hrの場合3200secと低速でろ過を行った方が高速でろ過を行うのに比較し4倍程度の長いろ過時間が保て、かつろ過圧力1.5kg/cm²でろ過機の運転を停止し洗浄を行うと一回のろ過運転当りにろ過できる総ろ過量はろ過機のろ過面積を5 m²とすると、ろ過速度4 m/hrの場合(4 m/hr×900sec/3600sec×5 m²=5 m³/one cycle), ろ過速度2 m/hrの場合(2 m/hr×3200sec/3600sec×5 m²≒9 m³/one cycle)となり低速ろ過でろ過を行った方が高速ろ過でろ過を行うより、ろ過時間もろ過量も大きくろ過機1台当りの能力を十分に生かしていることになる。また、それではろ過圧力を高くしたらもっとろ過時間もろ過量も増加できるのではといった疑問も生ずるが、これも比較的圧縮指数の高い懸濁物質を含むめっき液のろ過の場合あまり望ましい結果は生じない。図1のろ過実験の例をとって説明をすると、ろ過圧力を1.5kg/cm²から2.0kg/cm²に上昇させた場合ろ過速度2 m/hrの場合でろ過時間は、3200secから3600sec, ろ過速度4 m/hrの場合で900secから1000secとろ過時間としては両者ともろ過圧力1.5kg/cm²までのろ過時間の約10%しか増加でず、ろ過圧力を30%も増加させた割には効果が出ないこ

図1 ろ過時間とろ過圧力の関係

ととなる。では実際のめっき浴にろ過機を設置しデータを比較した場合どうなったかを表4に示す。表4は実際のめっき浴に5m²のろ過面積を有するろ過機を設置し、ろ過速度2m/hrの低速ろ過でろ過を行った場合、ランニングコストを比較したものである。ろ過条件は表4に示す条件で行ないろ過速度のみを変化させたものである。項目の欄の順をおって説明をすると、ろ過時間は2m/hrの場合、30hrで圧力損失が1.5kg/cm²生じ、4m/hrの場合8hrで圧力損失が1.5kg/cm²が生じている。その結果1.5kg/cm²になった時点で、ろ過機の洗浄を行ったとすると、ろ過機洗浄回数は年間当りそれぞれ84回、313回の洗浄回数となる。またポンプ軸動力についても高速ろ過で行う場合の方が軸動力が大きく必要で、それぞれ1.5kWH, 2.2kWHとなる。上記のデータから年間当りのランニングコスト、動力コスト、ろ過助剤コストを比較すると、高速のろ過速度でろ過を行うと年間当りのランニングコストは約20万円のロスとなるわけで、大きく省エネルギー、省資源に反している。また表4の比較では直接コストのみを比較したが他に間接費としての材洗浄時の人件費も高速でろ過を行った場合は、低速でろ過を行った場合に比較し4倍程度かかることとなる。以上の如くめっき液のろ過におけ

省エネルギー、省資源を考えた適切なろ過方法は、大きなろ過面積で低いろ過速度でろ過を行うことである。一方、実機の選定方法としては、ろ過面積が大きくなるろ過面積 1m^2 当りの単価が安いろ過機を選定することがインシヤルコスト、ランニングコストを軽減することになる。

5. ポンプ性能曲線

めっき液のろ過における適切なろ過速度の設定方法については前述したが、実際に現場のろ過機に使用されているポンプはどのような性能を示し、めっき液を清澄に保つためのろ過機をどのように使用したら1台のろ過機を最大限に生かせるかをポンプ性能曲線つまり、ポンプ吐出圧力と流量そしてポンプ効率の面から述べる。図2はろ過機に使用されているポンプの性能曲線の一例を示したものが、一般に使用されているポンプはほとんど図2と同様の性能を示し、圧力損失が上昇するにしたがって流量が徐々に減少する。またポンプ効率は図2の如く流量が少なすぎても多すぎても低くちょうど圧力損失が一定値生じる所で最大値を示す。ポンプ効率について少し説明をすると、効率とはポンプの場合ポンプによってなされた有効な仕事の量と、これに供給された全エネルギーとの比率のことでパーセントで示し、特に吐出量と効率の関係では、水の流れによる損失は摩擦損失、渦流・衝撃による損失の2つであるが、流量が減少した場合には、摩擦損失は減少するが、渦流・衝撃による損失が増大し効率は低下し、また、流量があまりに多くなった場合は渦流・衝撃による損失は増大するが液体が配管内を大量に流れるために摩擦損失が増大し効率は低下する。以上のようにポンプは計画水量というものがあって、効率の最大の所で使用するのが良好な使用方法であり省エネル

表4 ろ過速度のちがいによるランニングコスト比較
条件 ろ過面積 5m^2 作業時間 10hr/day , 250day/year
対象浴 ニッケルめっき浴 ろ過助剤費 220円/kg
電気代 25円/KWH

項 目 \ 3 過速度	2m/hr	4m/hr
ろ 過 時 間 (hr)	30	8
ろ過機洗浄回数 (回/year)	84	313
所 要 動 力 (KwH)	1.5	2.2
動 力 費 (円/year)	93,750	137,500
ろ 過 助 剤 費 (円/year)	55,440	206,580
コ ス ト 合 計 (円/year)	149,190	344,080
コ ス ト 比 較 (円/year)	0	+194,890

図2 ポンプ流量と圧力損失の関係

ギー、省資源にかなうのである。ここで次にポンプの流量と圧力について注目すると、圧力が高くなればなるほど流量は減少する。つまりろ過機が目詰り、圧力損失が上昇するために減少するのであるが、一般にポンプさえ動いていれば圧力は上っても流量は変化しないと思いがちだが、実際は締切り圧力近くでは液はほとんど送られておらず必要な過量を得ていない結果となりめっき液は徐々に汚れてゆくのである。結論として一台のろ過機を十分に使用しきるには、ポンプの送液量に余力のある間に洗浄を行ない、次のろ過に入ることがめっき液をいつも清澄にし動力のむだ使いをさける結果となる。例として締切り圧力が 1.5kg/cm^2 のポンプを有するろ過機で

あるならば、 $1\sim 1.2\text{kg/cm}^2$ 程度にろ過機の圧力計が上ったらろ過機の洗浄を行うことである。

6. ろ過機のろ材洗浄と洗浄液回収

めっき液の循環ろ過または明けかえろ過において経時変化と共に ケーク 圧力損失が生じ、ろ過圧力が上昇するためろ材の洗浄が必要となる。ろ材の洗浄方法には、ろ過機型式特にろ材形状に応じて各方法で実施されている。一般に噴射ノズル、ろ材回転、エアバブリング、液面上下、バックウォッシュなどの洗浄方法が単独あるいは組み合わせで行われている。しかし重要なことは、短時間で効果的なろ材洗浄を行ない、さらに、洗浄使用水量の低減をはかり、洗浄水は回収再利用することによって有価めっき液の回収をはかることである。図3にはクローズド化をはかった洗浄方式の回収システムのフローシートを示す。この洗浄方法を「スバック洗浄システム」と呼ぶ。ろ過機が目詰りした時点で、エア導入部から圧縮エアを入れ缶体内液をめっき槽に返送した後、めっき液、回収槽液などをバルブ切換えによって、ろ過ポンプでろ過とは逆にろ布の内側から導入しケーキを逆洗し、ついで液面上でのエアの破裂エネルギーを利用した方法で剝離されたケーキを洗い落とすエアバブリングを行ない、洗浄に使用されたケーキを含むドレン水は自然ろ過を応用したスラッジバックに導入する。スラッジバックでは洗浄液とそこに混入しているケーキを分離し、ろ液として得られた洗浄液は再度次にろ過機が洗浄に入る前にろ過機に吸引させ、めっき槽に返送するシステムである。このシステムによりろ材洗浄を行うことによって、洗浄時に従来方法では損失されていためっき液の損失がほとんどなく有価めっき液の損失を最小限におさえ省資源がはかれる。

図3 スバック洗浄システムフローシート

7. 従来ろ材洗浄方法と本洗浄システムのコスト比較

従来用いられてきた洗浄方法(A～C)と本洗浄システム(D)に対し、ろ過機の洗浄費用に関するランニングコスト比較を表5に示す。ろ過機1回当りのろ材洗浄に要するコストを年間当りのコストに換算し、比較検討したものである。コスト項目の内容は次の如くである。

i) 洗浄人件費

A, B, C: ろ過機缶体内液脱液→ろ材取り出し→ろ布取り外し→ろ布洗浄→ろ布取り付け→ろ材セット、に要する時間

D: スバック洗浄(ろ過機内脱液→洗浄水導入→エアバブリング→ドレン)に要する時間

ii) めっき液損失費

ろ布とろ過助剤に付着してろ過機系外に排出されるニッケルめっき液損失量

iii) 薬品代

ii) の排出されためっき液を中和

して水酸化物をつくるためのNaOH
の薬品代

iv) スラッジ処理費

水酸化ニッケルとろ過助剤を含む
率70%まで脱水処理し廃棄するに要
する費用

本洗浄システム（D）のろ過機1台当りの
年間ランニングコスト割合は、従来の洗浄シ
ステム（A～C）に比べ約 $\frac{1}{3}$ となり省資源、省
エネルギーをはかれることとなる。この原
因として、本洗浄システム（D）が、ろ過機
缶体内で短時間で洗浄ができ洗浄水は回収再
利用することに起因している。

8. ま と め

本報告では、省資源と省エネルギーをはか
るろ過方法とろ過機洗浄方法を述べたが、結

論として、適切なる過方法は、大きなろ過面
積を有するろ過機で低い過速度、2m/hr程
度でろ過を行ない、ポンプ能力とろ過面積の
合ったろ過機を選定する、つまりポンプの送
液量ではなくろ過面積でろ過機を比較し、な
るべく大きなろ過面積を有するろ過機を選定
することである。運転時にはめっき液循環回
転数とポンプ効率の点からポンプ送液量に余
裕のある間に洗浄に入り、一台のろ過機を最
大限に使用することである。ろ材洗浄に対し
ては短時間、少ない洗浄水量で洗浄効率をあ
げ、洗浄液の損失を最小限におさえることが
省資源、省エネルギーをはかれる大切なポイ
ントとなる。

文 献

- 1) 能津十三郎, 佐藤孝 電気鍍金研究会講
演資料「めっき液の新しいろ過, 洗浄技
術」(1978.7.7 大阪)

表5 ろ 過 機 洗 浄 コ ス ト 比 較

設定条件, ろ過機設置めっき浴 ニッケルめっき浴、ろ過面積5m²、ろ過機年間洗浄回数20回/年、プレコート量500g/m²
ニッケルめっき液コスト300円/l、水道料120円/m³、人件費2,000円/hr、NaOHコスト115円/kg、
スラッジ処理費30円/kg

洗浄方法	コスト	洗 浄 人 件 費 〔洗浄時間〕	洗浄水費 〔洗浄水量〕	めっき液損失費 〔ろ 布〕〔助 剤〕 〔附着量〕〔附着量〕	薬 品 代 〔NaOH量〕	スラッジ 処 理 費 〔スラッジ量〕	年間ランニング コ ス ト 〔Dに対する比率〕
A 缶体内液をエア 脱液後、ろ材取り 出し洗浄。		1,500円 〔45分〕	48円 〔400l〕	1,662円 〔0.79l〕〔4.75l〕	72円 〔0.6kg〕	321円 〔10.7kg〕	72,060円 〔2.8〕
B 缶体内液を、水を 導入しながらめっ き槽に返送し、ろ 材取り出し洗浄。		1,666円 〔50分〕	54円 〔450l〕	1,662円 〔0.79l〕〔4.75l〕	72円 〔0.6kg〕	321円 〔10.7kg〕	75,500円 〔2.9〕
C 直接ろ材取り出し 洗浄。		1,167円 〔35分〕	48円 〔400l〕	2,229円 〔1.18l〕〔6.25l〕	97円 〔0.81kg〕	345円 〔11.5kg〕	77,720円 〔3.0〕
D 本洗浄システム スラッジバック 中のスラッジを 50lの水で洗浄		833円 〔25分〕	6円 〔50l〕	138円 〔 0l〕〔0.46l〕	6円 〔0.05kg〕	309円 〔10.3kg〕	25,840円 〔 1 〕