アルマイト工場のコストダウン

——省エネルギー，省資源，省力化——

Cost Reduction in Anodizing Plant

——Saving of Energy, Resources, and Man Power——

主としてアルミニウム建築用材料を処理するアルマイト工場のコストダウンのための省資源，省エネルギー，省力化について述べる。

勝 矢 徹*

Tohru Katsuya

1. はじめに

アルマイト工場においても，電力料金の大幅値上げ，燃料の高騰，またますますきびしくなっている排水水質規制に対する公害対策，更には需要者の表面処理仕様の多様化に伴う多品種化のための生産性の低下等，近年益々コストアップ要因が多くなっている。

これら社会の要求，制約に対して品質を安定，維持向上させ省資源，省エネルギー，省力化を図り，コストダウンすることがアルマイト工場に従事する者の努めでもある。

これらの問題をアルマイト工場に従事する者の一人として話し得る範囲内で取上げてみたい。

2. 建材用アルマイトの主な工程

建材用アルマイトの主な処理工程を図1に示す。

3. 省資源，省エネルギー

アルマイト装置を新たに設置する場合は，省資源，省エネルギーの面で，新しい技術や設備を取り入れることができるが，現在稼働している設備の改善を図る場合は，投資採算性，工事のための設備の停止期間および操業停止損を考えると容易なことではない。

アルマイト工場は，一般に処理製品形状，仕様とも多岐にわたり，各工程での設備，機器もポンプ，ブロワー，ファン等を含めると非常に多い。省資源，省エネルギーの改善に取り組む前に，アルマイト工場に従事する者にとって大切なことは，

1) 品質を維持向上させ製品歩留を上げること。指示，連絡のミス，作業者のミス等による不良品を出さない，無駄な仕事をしない。

* 日本軽金属(株) 船橋工場 皮膜課 課長
〒274 千葉県船橋市習志野4-12-2
☎ 0474 (77) 3471

* Nippon Light Metal Company, Ltd.
Funabashi Works.
12-2, Narashino 4-chome, Funabashi-shi
Chiba, 274

2) 日頃の地道な活動が続けること。

処理工程が多いこと、トータル処理時間が長いことなどにより操業形態の見直し、各設備機器の効率的操作等のキメの細かい操業管理をすることにより、各単体を取り上げれば効果は小さいが、全体をまとめれば大きな効果となる。従って、アルマイト工場のトップを初めとして従業員全員が「ヤル気」をもって真剣に取り組むことが不可欠である。

また改善に取り組む場合、改善対象が複雑になればなる程、ある部分(設備、工程)の最適化が全体の最適化につながらなくなってくることがある。すなわちある部分の効率化を図った場合、予想もしなかった部分で効率が落ちてしまい全体としての効率が上昇しない場合がある。

対象を幅広くとらえることが大切である。そのためには前提条件を明確にする。例えば生産量、品質、設備稼働率、薬・品塗料・燃料使用量等。

図2にアルマイト工場の省エネルギー改善に取り組む場合の「エネルギー投入マップ」の例を示す。

次に対象を目的と機能の関係でとらえる。

1) 目的は何か。

2) その目的を達成するためにどのような手段をとっているか。このような形で対象をとらえることにより

1) 機能のレベルアップを図る。

2) 他の方法で同じ機能を代替させる。

図 1 建材用アルマイトの主な処理工程

3) 重要でない機能のレベルダウンを図る。

4) 不要な機能をカットする。

などの改善ができる。

3-1 省資源

アルマイト工場での省資源の対象としては、酸、アルカリ、電解発色(着色)用薬品、塗料、使用水および治具用材料等がある。薬品類についていえば、各薬液槽から被処理物

を次工程に移送する場合に十分な液切りを行い、薬液を極力持ち出さないように製品形状と治具への取付け方法および取付け角度や移送方法を工夫することで大きな効果上げることが多い。

エッチング浴や電解浴は、処理量に比例してアルミ分が蓄積し、浴の老化を生じ、製品品質の低下や溶解したアルミ分の析出により設備的なトラブルの原因となる。現在ではエ

ッチング浴の苛性ソーダや電解浴の硫酸は再生利用することが多くなってきている。

エッチング浴のバイヤー法によるアルカリ回収、電解浴のイオン拡散透析法による硫酸回収の例を図3、図4に、またこれら設備を設置する場合の経済性の目安を図5に示す。またアルマイト工場での使用水は量も多く、水質、水量が品質に大きく影響するが、工業用水料金も50円/m³以上となった現在、薬液

基準生産時の時間当りのエネルギー使用量を工程フローチャートに表示し、アルマイト装置の各設備にエネルギーがどの位置にどの程度の量が使用されているかを把握する。

図 2 エネルギー投入マップ例

図 3 バイヤー法によるアルカリ回収の例

この反応はアルミニウムと苛性ソーダの反応で生成するアルミン酸ソーダを加水分解反応により苛性ソーダと水酸化アルミに分離して、苛性ソーダを回収し、水酸化アルミニウムを副産物（硫酸バンド等の原料）として得る方法である。

この原理は、強塩基性陰イオン交換膜で隔てた透析室、拡散室の両室をもっており、又この陰イオン交換膜は水素イオン (H^+) 以外の陽イオンは透過しない性質をもっている。

電解槽からの廃酸は透析室に送られ、これと同時に拡散室に水を送る。すると電解廃液中の遊離硫酸は、濃度勾配により選択的に拡散室の水中に拡散して回収される。

一方陰イオン交換膜を透過しない硫酸アルミニウムは透析廃酸として硫酸バンド等の原料に利用される。

回収率は約75%である。

図 4 イオン拡散透析法による硫酸の回収の例

図 5 アルカリ酸回収設備を設置する場合の経済性

前提条件

- 1) エッチング槽の管理濃度
回収有 Free NaOH 60g/l, Al 35g/l
回収なし Free NaOH 60g/l, Al 50g/l
- 2) 電解槽の管理濃度
Free H_2SO_4 200g/l, Al 20g/l
- 3) エッチング槽の Al 溶解量 40g/m²
- 4) 電解槽の Al 溶解量 10g/m²
- 5) エッチング, 電解液の持ち出し量
エッチング 200ml/m²
電 解 100ml/m²
- 6) アルミン酸ソーダの加水分解率 35%
- 7) 拡散透析での酸の回収率 75%
(Free H_2SO_4)
- 8) 中和で発生するスラッジの含水率 80%
- 9) アルカリ回収で得られる水酸化アルミの売却費 10円/kg-Dry
- 10) 中和で発生するスラッジの廃棄費 10円/kg-Wet
- 11) 苛性ソーダ, 硫酸の単価
苛性ソーダ 50円/kg-100%
硫 酸 15円/kg-100%
- 12) 人件費 4,000千円/人・年
- 13) 設備の償却年数 15年
- 14) 設備の償却費 投資額 $\times 0.9$ / 償却年数
- 15) 税, 保険, 修理工費 投資額 $\times 0.047$
- 16) 金 利 投資額 $\times 0.1$

同様に使用水の削減は大きな課題である。

薬液や使用水の削減は、直接的な効果だけでなく廃液および排水処理費の削減もでき、二重の効果となる。図6に使用水削減のためのフローの例を示す。

3-2 省エネルギー

アルマイト工場は、加温、冷却の繰り返しが多く、省エネルギーを考える場合、技術面、設備面の他に操業管理面の工夫で改善できる点が多い。三交替操業と昼間だけの操業ではエネルギー使用比率に大きな差があるが、三交替操業の場合の例を表1に示す。

アルマイト電解電力とポンプ、ブロワー類、冷凍機等を使用する一般電力の使用比率は、ほぼ1:1で、昼間だけの操業では一般電力の使用比率が更に高くなる。また加温、冷却の頻度も多く、燃料使用比率も上る。

操業管理面での省エネルギーは、大きな投資を必要とせず、工場従事者の工夫次第で直ちに効果を上げられることである。そのためには、工場従業員全員が「ヤル気」を持ってキメの細かい操業管理に徹することが必要である。

3-3 操業管理面での改善の例

1) 脱脂の常温化。

脱脂剤は酸系、アルカリ系等各種あり、また被処理物も押出材で加工のないもの、前処理としてヘヤーライン、パフ研磨したもの、あるいはプレス、溶接等の加工をされたもの等種々あるが、脱脂剤を選択することで常温化できる。油脂類の付着の多い被処理物をまとめ、その処理の時だけ加温する方法もある。

2) 各機器容量の見直し。

各循環ポンプ、ブロワー等の機器を見直し、機器容量を低下または廃止する。

3) 操業管理の見直し。

操業開始時はエッチング、湯洗、封孔、塗料の焼付け等の加温を必要とする設備や排気

表1 アルマイト工場のエネルギー使用比率の例

エ ネ ル ギ ー	使用比率
燃 料	49.3%
アルマイト電解電力	26.4%
一 般 電 力 (動力)	24.3%

新水の使用量は、生産量や品質によって決める。
循環シャワー水洗を有効に使用すれば、新水使用量は大幅に削減可能

図6 水洗水のフローの例

設備、循環ポンプ類は、被処理物がその設備に持ち込まれる直前に所定の温度になるよう、あるいは起動するような設備機器の運転をし、操業終了時は被処理物が持ち出された設備から設備機器の運転を停止するよう自動または手動で管理する。

4) 保温、断熱の強化。

蒸気洩れ等はすみやかに処置し、加温設備の保温、断熱に努める。簡単な保温で効果を上げた例を図7に示す。

5) 燃料の使い分け。

ボイラー、封孔槽、焼付け炉等は、オイルバーナーとガスノズルを組み合わせたコンビネーションバーナーを取り付け、オイル、ガス等のその時の購入単価の安い燃料を使用する。

アルマイト処理条件、設備の見直し、改善の例。

アルマイト処理条件（電解液組成、濃度、電流密度×処理時間、極間距離、極比等）や設備を見直すことにより、アルマイト電解電力や一般電力の大幅な削減が可能であるが、

安易に変更すると省エネルギーにはなったが品質の低下、製品外観不良、廃液処理の負荷増大等の別の部分でトラブルを生ずることがある。大量生産工場は別として、一般には被処理物形状、長さ等の種類が多く、皮膜厚、塗膜厚の3 σ 管理をし、目標設定値($\bar{x}$)を下げ、省エネルギーを図るには形状、長さに合せた電極のマス킹、極間距離の短縮、クーロン量管理等の方法でチャージ内、チャージ間のバラツキを減少させることが大切である。

アルマイト処理条件、設備の見直し、改善の例を2～3述べる。

1) アルマイト電解電圧の低下。

省エネルギーの面では電解電圧の低下が最も効果大きい。電解電圧の低下は、アルマイト電解電力の削減だけでなく、発熱量の低下により冷凍機等の電力の削減や皮膜厚のバラツキ減少等の波及効果大きい。

電流密度は低下の方向へ(表2)、極間距離は短縮の方向で(表3)、アルマイト電解電圧を低下させる。

2) 冬期の冷水製造法。

電解液冷却用の冷水を冬期間のみ冷却塔により製造することにより、冷凍機に使用する電力を削減する方法で、その実施例を図8に示す。

4. 省力化

一人当りの生産性を向上させ、コストダウンを図る手段として設備改造を伴う省力化がある。アルマイト工場の省力化で考えなければならない要因として、若年者は交替勤務作業を嫌う、敬遠する傾向があることから交替勤務者の人手不足、高年令化等がある。

これらのことから省力化については真剣に取り組む必要があるが、大ロット少品種の大型量産工場は別として一般のアルマイト工場は、被処理物がアルミ押出型材、板材、板曲

図7 封孔槽の簡単な蓋の例

封孔槽は、蒸発損失を防ぐため通常液面にアイフロートを浮かべているが、厚さ100mmのウレタンマットの蓋をする事により更に保温効果が向上し、操業停止後の液温低下が少なく、操業開始時の昇温時間も短縮され、昇温時の灯油使用量がアイフロートのみの時に比較し30%downした例

表2 電流密度と電圧、皮膜厚の関係

電流密度 A/dm ²	処理時間 分	電圧 V	皮膜厚測定結果	
			$\bar{x}$, μm	σ , μm
1.2	30	14.3	11.4	0.85
0.9	40	12.5	11.8	0.59

(一定条件のもとで電流密度を変化させて処理)

電流密度を低下させる事により電解電圧が低下し、発熱量も減少するためアルマイト電解力、冷凍機用電力が各々約12%削減出来る。

又皮膜厚のバラツキも小さくなるので電流又は処理時間の目標設定値を下げる事も出来る。

表3 極間距離と電圧、皮膜厚の関係

極間距離 mm	電流密度 A/dm ²	電圧 V	皮膜厚測定結果	
			$\bar{x}$, μm	σ , μm
480	1.2	19.1	11.6	1.6
330	1.2	14.9	12.1	1.0

(一定条件のもとで極間距離を変化させて処理)

電極の追加、極間距離の短縮等により電解電圧が低下しアルマイト電解電力、冷凍機用電力が約21%削減される。

げ材等雑多であり、押出型材だけをとっても形状、長さが多種多様で、設備の自動化に制約が多い。設備を自動化したために需要の多様化に対応できなくなった例も少なくない。

今後の省力化は、汎用性を持たせて自動化することが決め手である。

アルマイト工場を見学した場合、表面処理に従事する人のみならず誰もが気付くことにラッキング、アンラッキング作業に多くの人手がかかっていることである。

アルマイト設備そのものの製品搬送や通電管理については、今やシーケンサー制御やコンピューター制御による自動化、無人化が常識となっているにもかかわらず、その前後の作業には相変わらず多くの人手を要しているのが現状であろう。またそれ以上に意外に人手のかかっているものに縁の下の力持ちともいべき現業間接的な作業がある。

例えば薬液の補給管理、冷凍機、液循環ポンプなどの付帯設備機器の運転管理、各工程間の製品運搬作業などである。

建設時期の異なるアルマイト設備を何系列か有する工場では、各々の設備機器が所々に

点在している場合が多く、その運転監視作業は容易ではない。このような場合、すべて集中制御管理することは投資採算性からみてもなかなか難しいことから小改善、小投資でいかに分業化するかを検討することが得策であろう。

また各工程間の製品運搬作業、いわゆる物流の合理化についてはレイアウトの検討、多量運搬方式の検討、更には運搬の自動化を進める必要があろう。

いずれにしても表面処理コストに占める比率の高い労務費をいかに削減し、コストダウンを図るかということについては常に考えてゆかなければならない。

5. おわりに

アルマイト工場に従事する一人として新しい技術開発、設備改善も重要であるが、工場従業員のキメの細かい操業管理や地道なコストダウン追求等の現場の努力により多くの宝の山があることについて述べた。

図 8 冬の冷水製造法