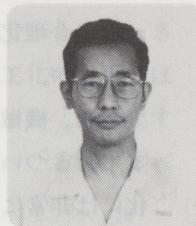
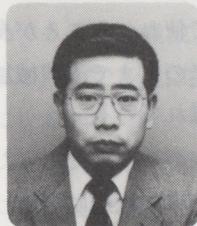


高速めっきシステムの開発(YRPS)



R & Dセンター開発部 塚越 洋



磯部 正章



渡辺 誠之

1. はじめに

製造会社における工場の概念を模式的にとらえると図1のようになる。工場に素材が入り、それに生産施設を介してエネルギーを作用させ、変形、除去、接合、変質などの加工を施すのである。この際余剰物質、余剰エネルギーが出る。これが公害のもとになる。

したがって、素材→製品の変換効率の最も良いことが、工場の使命になるのである。エネルギー効率の大なることが省エネであり、材料の変換効率の大なることが省資源である。この変換効率を大きくすることが、とりもなおさず無公害を達成することと一致するのである。

工場の使命は、素材に何らかの働きかけを行い、それに価値を付与することである。即ち価値を高めることである。価値を高めるということは、目的とする製品機能を最も安い費用で達成することである。最近はこの時にいろいろな制約条件が加わるようになった。省エネルギー、省資源、無公害、安全性などなど、今後この項目はますますふえる傾向にある。

これらの制約条件を満しながら、最良の変換効率を達成する、これが今後企業に課せられた命題であろう。したがって、これらの制約条件に適合した設備にしていくことが、生産技術者の大きな役割になろう。

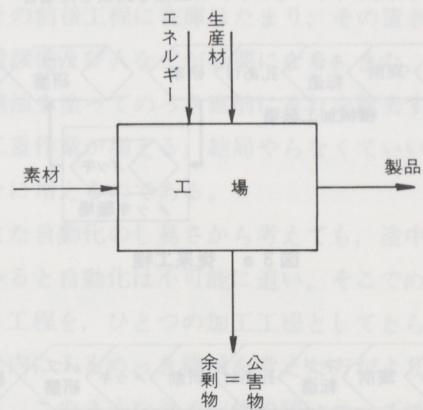


図1 工場の概念

2. 工程編成

工場内をもう少し詳しくのぞいてみよう。工場内は物の流れに従って、図2のような職場に分けて考えることができる。それぞれの部品によって多少流れる経路は違うが、大きく分けるとこのようになろう。この中で表面処理は塗装、めっきなどである。

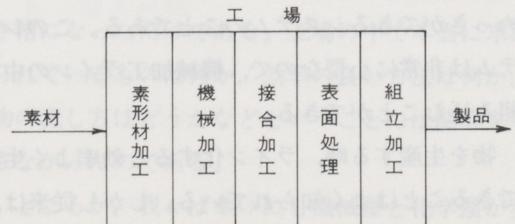


図2 工場内の職場

どであるが、装飾的なものはこの図のとおりである。

しかし、最近は機能めっきが盛んになり、この場合は機械加工職場の途中で使われることが多い。ところが職場の分け方は従来のままで、機械加工職場とめっき職場は大きく離れている。

図3aのような工程が従来のやり方であった。このようなやり方では変換効率が極端に悪く、自動化も困難である。そこで図3bのような工程編成をねらいとしてYRPSが考えられたのである。

■たとえばロッド・ピストンの工程を比較した場合

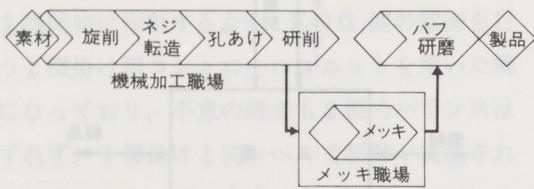


図3a 従来工程

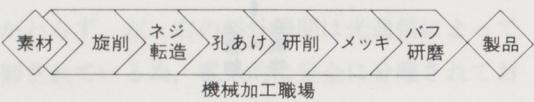


図3b YRPSによる工程

3. YRPS開発の背景

YRPSとはYAMAHA Rapid Plating Systemの略で、公害を起すことなしに、高速度でめっきができるシステムのことである。このシステムは非常に小型なので、機械加工ラインの中に組み込むことができる。

物を生産する時、ライン化すると効率よく生産できることはよく知られている。しかし従来は、異種の作業をライン化することは不可能と考えられていた。特にめっきという工程は機械加工に比

べて、水を使うばかりでなく、それに伴なう公害の面からも、ライン化は困難であるとされていた。

しかし、最近特にきびしい経済環境から、より一層の合理化が求められると、このめっき工程の合理化が、工場合理化のひとつのポイントになってきた。機械加工工場の合理化は行きつくところまで行きついたという感があり、これ以上の合理化には非常に大きな資金が必要になる。それにひきかえ、めっき工程の合理化は遅れているので、これを合理化する方がより効率的である。

ライン化する場合に、まず考えなければならないのは、ライン化の条件である。めっき工程をラインの中に入れる場合、特に問題になるのは、その大きさと公害問題である。

まず大きさ、これは本質的にめっき速度が小さいから、一度に沢山の品物を槽に入れなければならず、これがめっき装置を大きくしている理由である。これを解決する手段として、高速めっきという技術がある。めっきを高速化すれば1個ずつめっきができる、めっき槽も品物が1個入るだけの大きさがあればよく、装置全体も非常に小型になる。ここで1個ずつ入れるのが重要である。

一方の無公害化は最近技術が進んで、小型で、完全に排水を処理する方法が開発されている。めっきにおける水の役割を真剣に考えてみると、水はたんなるイオンの運搬役にすぎない。したがって、水は循環使用ができるはずで、めっきの際に水を捨てる必要はない訳である。

図4に高速めっきのS-Nテーブルを示した。左側が高速めっきのニーズで右側がそれに応える手段すなわちシーズという形で示してある。この図からわかるように工場の使命は製品の価値を高めることである。そのために、原価低減と品質向上という手段があり、原価低減のためには、またそれぞのの施策がある。

図の中で、「設備費を少なくする」以下、「スペースを小さくする」までのニーズを満す方法がライン化であることがわかる。「ライン化する」

の右側がライン化の条件である。

これらの条件が満されて、初めてライン化が可能になる訳である。「ライン化する」というニーズに応える方法が「高速化機構」である。めっきをする部分を高速化すれば、ライン化の条件をほとんど満たすことができる。かつまた「高速化する」ことによって電流効率が上り、「省エネルギー」も達成できる。

もう一方での「無公害化する」ということと、「省資源」とは本質において同じになる。すなわち排水を出さないという施策が達成できれば、無公害と省資源の両方が満足されるのである。そのためには、基本的に発生源でおさえるという考え方方が大切である。出たものを後で処理するという具合に考えると、次々に新しいデバイスが必要になり、結局はコストの高いものになり、公害を拡散することになる。

品物に付着しためっき液を、次の水洗工程で洗い、その水を捨てるから公害になるのである。水洗という工程はめっきにおける必要悪で、その目的は品物をきれいにすること、すなわちめっき液を品物から分離することである。

水洗工程は品物とめっき液の分離器である。分離器と考えれば水洗のみでなく、いろいろな方法を考えられる。圧縮空気で吹きおとす、遠心分離器なども考えられよう。このような方法でめっき液をすぐ回収してしまえば、排水処理への負荷は非常に少なくできることになる。

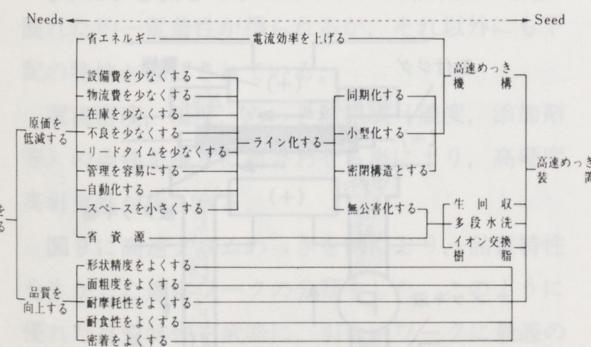


図4 高速めっきのS-Nテーブル

さらに多段水洗を併用すれば、水はこの系から排出する必要がなくなる。水の出ない装置はもはや公害設備とは言わないだろう。このようにして、めっき工程を機械加工機と全く同じ形の機械にすることができるれば、ラインの中に置くことは容易になる。

また、ライン化することのメリットはその左側に書かれた事項で、これらは原価を低減するのに非常に有効なことがらである。特にめっきのように、途中工程をライン外に出すことは、生産管理上、品質管理上、生産技術上非常に不利である。

その前後工程に在庫はたまり、その置き場所、運搬設備及び人などが必要になる。また、加工後防錆油を塗ってめっき直前にそれを除去するという二重作業が増える。結局やらなくていい作業が次々に増えるのである。

また自動化のし易さから考えても、途中が切れていると自動化は不可能に追い。そこでめっきという工程を、ひとつの加工工程としてとらえ、ライン内に入るめっき機械を考えた方がより得策である。このようなライン化の強いニーズに応える形でY R P Sというシステムは生まれた。これを支える技術は、めっきの高速化と無公害化の技術である。

このシステムが生まれた背景には、もうひとつ次のような考えがあった。すなわち、めっきも加工法のひとつであるという考え方である。従来はめっきといえば化学屋の領域で、機械屋は「神聖にして犯すべからざるもの」であった。

一方化学屋は化学屋で、ビーカーからの発想から抜け切れず、ビーカーが樋になり、それがめっき槽になっただけである。工場の中で本当に求められているものは何か、効率の良い方法は何か、物の流し方はどうかなどということには関心を示さなかったのである。

ところが、我々は幸いにも機械屋と化学屋が交流し、そこに高速めっき機械の発想が生まれたのである。

加工法の体系的分類を図5に示した。

4. YRPSの特徴

YRPSの特徴を列挙すると次のようになる。

(1) 従来の方法に比べ約100倍のめっき速度が得られる。

クロムめっきの場合、従来の方法では毎日0.6μ程度の析出速度であったが、本システムではその100倍の毎分60μの析出速度が得られる。

(2) クローズドシステムによる無公害

前処理の脱脂槽、めっき槽、水洗槽を連続密閉回路にし、しかもめっき液や水を再利用するので、廃棄物はほとんど出ず、有害ガスやめっき液のミストも出ない。

(3) 小型で運搬が可能

従来のような大きなめっき槽や水槽が不要で、システム全体が小型化され、通常の工作機械と同様にどこにでも置くことができる。

(4) 1個ずつ連続のめっき処理ができる。

従来のように、ラックに被めっき物をかけたり、はずしたりする必要がなく、1個ずつ連続してめっきでき、完全自動化が実現する。

(5) 生産加工ラインの中に設置できる。

クローズドシステム、小型であるため、工作機械のピッチタイムにあわせて、生産加工ラインに接続することができる。

(6) 電流効率がよく省エネルギーに貢献

クロムめっきの場合、従来の方法では電流効率は15%程度であったが、このシステムでは50%と3倍に電流効率が良くなつた。

(7) クロムだけではない汎用性

めっき液をかえれば、クロムめっき以外のめっきも可能である。

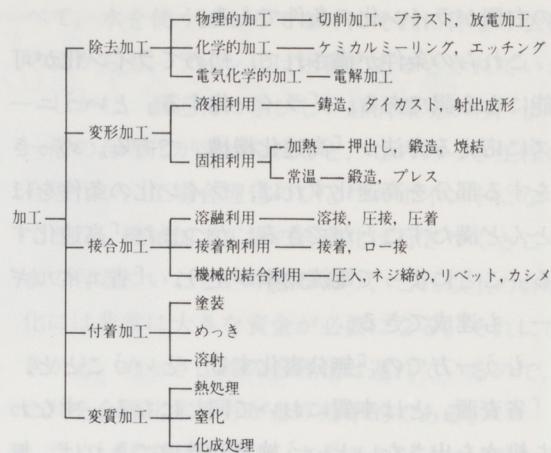


図5 加工法の体系的分類

5. 高速化の原理

めっき液と品物の間に相対運動を与えて、品物表面のイオン拡散層を破壊すると、低電圧で大電流を流すことができるようになる。そうすることによって短時間でめっきができるようになる。

相対運動の与え方にはいろいろあるが、我々はめっき液をポンプで流す方式を選定した。これは汎用性があるからである。図6に高速めっきの機構部分を、図8に電圧-電流曲線を示した。

この方法によって、図7の従来法よりも約100倍速くめっきが付けられるようになった。クロムめっきで毎秒1μのめっき速度が得られる。クロムめっきは通常5~20μの厚さで使われるから、大体5~20秒のピッチタイムが可能になる。これは通常の機械加工のピッチタイムと同じである。

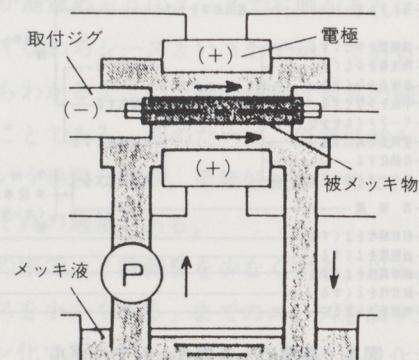


図6 YRPS

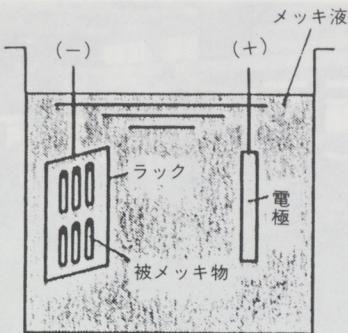


図7 従来法

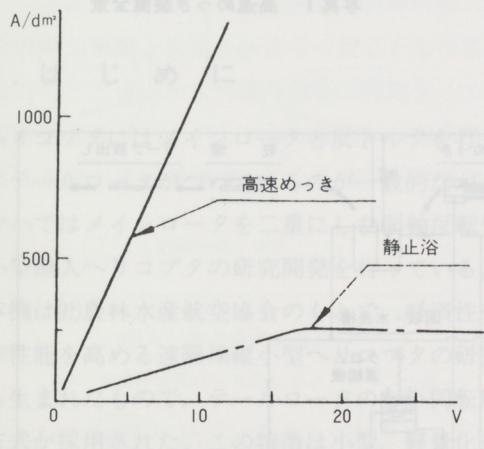


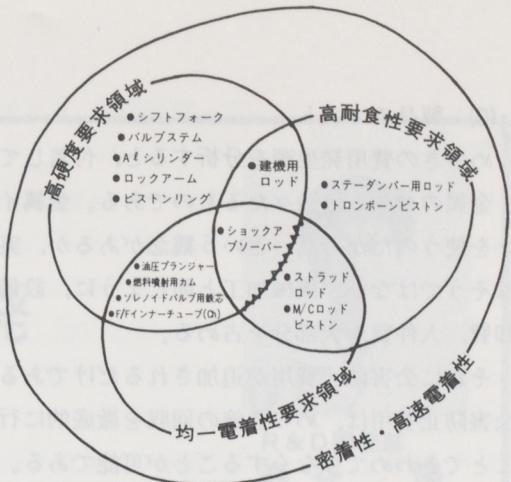
図8 電圧一電流曲線

6. 優れた品質特性による幅広い用途

高速めっきの品質上の特徴として、機構的に、優れた均一電着性が得られるが、それ以外にも下記の特性が確認されている。

電流密度、温度、めっき液組成（濃度、添加剤等）の条件を種々に組合わせる事により、高硬度、高耐食性が得られる。

図9に高速クロムめっきを例にとり、品質特性を生かした適応ワークの分類をした。このように優れた品質特性を武器に、引合いワークに最適の処理システムを構成し、製品化することができる。



各部品特有のめっき要求特性

- 厚付性($180\sim300\mu$)——ピストンリング
- Al素地への密着性——Alシリンダー
- クラックパターンの規定
(クラックフリー、マイクロクラック)——ガスクッシュョン
- 光沢性——クラッチ板・E/Gバルブ
- 部分めっき——油圧プランジャー
- 面粗度(めっき後の研磨性)——噴射用カム

図9 高速クロムめっき品質特性と用途

7. 高速めっき装置の構成

写真1に米国に納入済の高速クロムめっき装置の全景を、図10にその装置の構成を示した。これは自動車のクッションの部品であるショックアブソーバーで、摺動部の耐摩耗性を目的として硬質クロムめっきが施されている。

この装置の主な仕様は次の通りである。

めっき種類：硬質クロムめっき

膜厚： 13μ

ピッチタイム：6.6秒／本

装置の大きさ： $6.3\text{m} \times 9.5\text{m}$

8. 導入実績

(1) 設備のコンパクト化

従来は、何万リットルというめっき槽を設置するため数十メートルものめっきラインが必要であったが、高速めっき設備は200~2,000リットルの液槽で可能となった。このため設置スペースも従来法の $\frac{1}{5}\sim\frac{1}{10}$ のコンパクト化が実現された。

(2) 製品のコスト

めっきの費用発生源を分析すると、付着していく金属のコストは微々たるものである。金属イオンを使うのだから高いという観念があるが、実情はそうではない。機械加工と同じように、設備償却費、人件費が大部分を占める。

それに公害防止費用が追加されるだけである。公害防止費用は、めっき液の回収を徹底的に行うことできわめて少なくすることが可能である。また、人件費は自動化によって少なくすることができる。このようにめっき工程を高速化することによって、めっきのコストを従来の約1/2に引下げることができた。

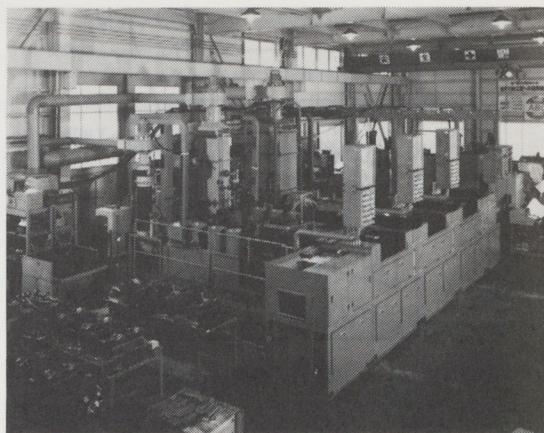


写真1 高速めっき装置全景

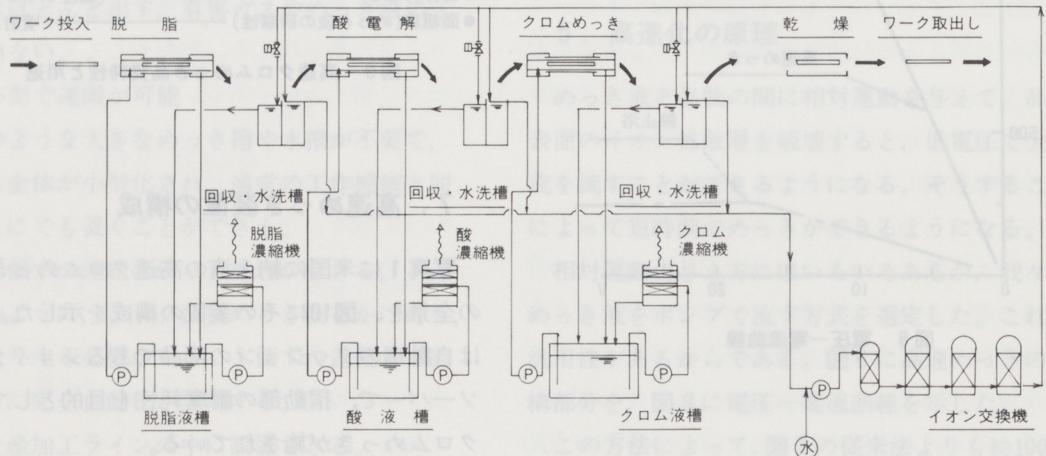


図10 フローシート

9. おわりに

高速クロムめっき装置はこれまで、硬質クロムめっきを中心として事業展開をしてきたが、他のめっきでも高速化は可能である。銅、ニッケル、亜鉛などにも拡げていく予定である。

また、製品の形状としては、円筒外面、円筒内面、平面は容易である。形状が複雑なものは困難であるが、いろいろな工夫によって可能になるものである。主な用途を図11に示す。

最近はいろいろな分野で機能部品へのめっきが盛んである。いわゆる機能めっきと呼ばれるもので、これは部分的にめっきが欲しい場合が多い。高速めっきでは、この部分めっきが簡単にできるのもメリットのひとつである。

めっきは表面に異なる物質を付与することによって、素材にない有効な機能を表面に与える有力な手段である。そして、高速めっきは表面改質の手段として、今後加工法の一分野を占めることになる。

部品	クッションロッド	排気弁	インナーチューブ	ソリュードバルブ可動片	プリンターポール
名 称	硬質クロムめっき 膜厚 15μ	硬質クロムめっき 膜厚 5μ	硬質クロムめっき 膜厚 20μ	硬質クロムめっき 膜厚 5μ	ニッケルめっき 膜厚 10μ
大 き さ	Φ8×200	Φ8×60	Φ30×600	Φ15×30	Φ30×500
ピッチタイム	10秒/本	6秒/本	30秒/本	6秒/本	20秒/本

図11 YRPSの主な用途