最近の連続表面技術—アルミ，めっき—(I) アルマイト，めっきなどの電解槽の基本構造

森 輝 雄*

A Recent Coil Treatment Technology and Equipment

Teruo MORI*

最近の特許情報より，アルマイト，めっきの連続電解処理設備を調査し，その概要をまとめた。特に，電解槽構造は高速電解と省電力の面から研究されており，大きく7分類され，その歴史と特徴について述べる。

1. はじめに

処理物（コイル）と電極間に電解液を供給し，処理物と電極に通電することで電解処理が行われる。生産量を向上させるための高速電解と，コストダウンのための省電力が併行して研究される。大量生産または，少量多品種生産に対応するためには，ラインの高速化が要求される。

ライン速度の増加分だけ電解給電量が増加するので，大電流ハンドリング技術と高電流密度になるために生ずる皮膜分布の不均一化に対し，技術の開発が必要になる。

高速化による大電流ハンドリングには，槽構造の検討，皮膜生成効率向上検討，皮膜均一化のためには，電流配分，電極構造，給液方法，補助具などの検討，省電力を可能にするには，電解電圧降下，必要部（片面，局所）電解の検討がされている。これらを整理し，図1に示す。本報告はこれら検討内容と関連が深い電解槽本体の基本構造を分類し特徴を述べる。

図1 連続電解技術の検討内容

2. 連続コイル電解処理の歴史

ここでは，連続コイル電解処理がいつ頃から実用化されたかをさぐることにする。対象国家は，独・英・日とする。

独国で連続コイル電解処理装置が記載されている特許は，独-718975（1942年）である。これを図2に示す。図中の表示記号は原文のものを示す。本装置は，電極と対応している部分が処理可能となる。処理物は，コイル／コイル（Coil to Coil）で，リールからリールへ直接ハンドリング（搬送）されている。スリットをうまく利用し，電解槽と水洗槽を分離している。中間水洗槽は左右電解槽の電気的分離にも役立っている。

英国では，英-467024（1936年・DUBILIER

図2 独-718975記載の電解槽

* 森技術士事務所 技術士（金属）

（〒426 静岡県藤枝市大東町871-3, ☎0546-35-6378）

* Mori Metal Finishing Consultant Office

（871-3, Daitoh-cho, Fujieda-shi, Shizuoka 426）

CONDENSER COMPANY) で、槽内液中補助ロールが使用されていることが特徴である。

日本では、日-116458(1636年 日本電気皮膜研究所)で、発明者は、田中庄一郎、発明の名称「アルミニウム又は其ノ合金質品ニ酸化皮膜ヲ連続シテ形成スル自働装置」となっている。

3. 特許にみる電解槽の基本構造

3. 1 基本構造の分類

ここでは、電解槽の基本構造を分類し、図3に示す。

第1分類は、処理物を支持するものが円形大型ドラムか、浸せき用補助ロールかで分類する。

第2分類は、処理物の径路(パス)が、半円・水平・V・垂直かで分類する。第3分類は、第2分類までの個々の特徴で更に分類する。

本文中で使用される基本構造の図中の記号を表1の様に統一する。以下代表的な電解槽構造について、詳細を述べる。

3. 2 (ドラム+接触)型電解槽

本構造は、大型回転ドラムロールに処理物を接触させてハンドリングするものである。ドラム型の最大の利点は、ドラム軸受が気中に露出できるため、電解液中軸受の腐食と電解液の密封技術に影響されることがないことである。このため最も

シンプルな基本構造となる。ドラム型の液浸部はドラムに沿った逆半円状であるため、電解によって発生するガスの抜けがよい。これはガスが半円に沿ってにげるため、ガスの停留がないためである。

もし脱ガス効果が著しく弱い場合は、処理物表面上に島状又は筋状に紅色の干渉ムラを呈する。これは酸化皮膜、めっき膜などの反応生成物が不均一に生成するため、外観上も悪く、品質性能上も著しく不都合なものとなっている。この様な処理物に対する不均一反応を防ぐためには、電解槽中の電解液を強制的に動力(ポンプなど)攪拌するか、圧搾空気によるエアバルブ攪拌をする必要がある。

また、このドラム型が好まれる理由として、ドラムと処理物が接触している面が電解されないため、片面電解が可能となることである。これは選択電解処理の必須要件である。本基本構造では、表裏面を有する処理物が電解液に浸せきされる電解槽と比較し、30~50%の電流が削減できるし、その分だけ電解電圧も低くなるため、省電力になる。

本分類に属する代表的な電解槽の基本構造例を特許例より選択し図4に示す。本分類に属する電解槽はラジアルセルとも呼ばれることもある。以下、本分類に属する個々の基本構造を詳細に説明

図3 電解槽の基本構造

表1 基本構造中の記号

①・処理物	⑥・電解液
②・液浸せきロール	⑦・スプレー
③・補助ロール	⑧・電解液貯槽
④・電源	⑨・送液ポンプ
⑤・電極

図4 (ドラム+接触)型電解槽例

する。

電解槽⑧の中に処理物①が接触してハンドリングする大型回転ロール②を浸せきする。この処理物①に対向し、電極⑤を配置する。電解液⑥を満たし処理物①と電極⑤を電源④に結合し通電する。これが標準型(1)である。

標準型(1)に対し電解面積を大きくし高電流密度電解を可能にし、かつ電解面流速をあげるために電極自体が電解槽壁の役割をするようにしたのが湾曲型(2)である。このように電極をドラムに沿って湾曲させることでドラムと電極間の電解液流速を電解液のポンプ吐出量で制御可能とする。処理物移動と同方向に送液すれば順流、また反対方向に送液すれば、向流となる。任意の電解流速が形成できる便利な電解槽である。

湾曲型(2)は、電解液が電極入口から出口まで走行(ランニング)しなければならない。出口側では、入口側から中間部にかけてランニングした疲労液が移動してくる。このため入口から中間部で発生した電解液温度差・ガス分布差などの不均一性による品質不良が発生しやすい。

湾曲型(2)により更に処理物表面の電解液更新速度をあげることをねらった装置がスプレー型(3)である。スプレー型は常時吐出されるスプレー液で反応表面が更新されるため、疲労することによる電解液の温度・ガス不均一性(ローカリティ)に基づく不良発生が少ない。電解面積が吐出された電解液の断面積となるため大電流電解には不向きであるが、本方式は、総必要電解液容量が少なくてよいのが長所である。設備面では、装置のわずかなズレが品質不良に直結するので、スプレースリット幅・極間距離・電解液のろ過などの保全活動にも力を入れる必要がある。

(1)～(3)は、処理物と電源が金属接触(コンタクト)している直接給電方式である。直結給電は、金属—金属(処理物)の接触抵抗が大きく、発熱による処理物の歪・処理ムラ、また、導電不良によるスパーク不良が発生しやすい。これらの欠点を解消するのに、電解液を媒体として通電する間接給電(リキュッド・コンタクト)が採用される。この間接給電方式を使用した設備が間接給電型(4)である。大電流ハンドリングが可能となるが、電

解電圧が大きくなり、省電力と言いがたい短所がある。省電力よりも金属—金属(処理物)コンタクトによる不良発生がないのが本設備の特徴である。

本例の場合、槽の前後を分割し、給電槽と反応槽としているため電解面積が小さくなっている。この欠点を避けるには、直列に電解槽を配置するとよいが、本報外で別途詳細に説明する。

3.3 (ドラム+非接触)型電解槽

(3.2)は、ドラムと処理物が接触しているのが特徴であった。ここではドラムと処理物が、非接触である電解槽をしめす。本槽は固定されている大型円型ドラム②に穴をあけ、電解液⑥を強制的に吐出させ、この吐出圧力でドラムと処理物①間に隙間を形成し、ドラム②と処理物①間に通電し、固定ドラムと処理物を電解処理する方法である。本装置を図5にしめす。

本装置の特徴は、非接触ハンドリングであり、接触することで発生するキズ・ヘコミなどの外観故障が発生しないことである。また、片面選択電解と超高速液流が可能であるため、大電流密度電解が可能となる。本装置が他の電解装置に比較し、最大の電解電流密度が得られる方法である。処理物とドラムの極間距離は、電解液の処理物への吐出圧力と処理物にかかる張力(テンション)で決定される。

欠点は無接触であるため処理物の移動方向に対し直角方向に処理物が振動することである。この対策として、ドラム穴の数・形状・配置で処理物

図5 (ドラム+非接触)型電解槽例

のハンドリングバランスをとることができる。著者は本方法が連続コイルの電解処理の中で最良の方法と考える。

その理由は、電解液吐出による反応面の高速液更新による高電流密度電解と温度不均一・ガスだまりがなく、外観仕上りがよいこと、極間距離が小さいため液間抵抗が低く、省電力も同時に実現できるシンプルなモデルといえるからである。

3. 4 (水平+浸せき)型電解槽

電解装置の中で最も取り扱いにくいのは、電解液である。第1に人体への影響とかを考えると、ミストがもれないように電解液を箱型に密封固定しておくのが都合がよいし、その箱を電解液の貯蔵庫として使用すれば電解液ハンドリングにも好都合である。このように電解反応部分を箱型電解槽内で実施しようとするものがある。これらを図6に示す。

補助ロール③で処理物①の両端を電解液⑥に浸せきさせ中央の仕切り板にて給電槽と反応槽の2槽に分割し、陰極・陽極を各槽に設け、これら電極に電源④より通電するのが標準型(1)である。

標準型(1)にもいくつかの欠点がある。標準型(1)では、仕切り板の陽陰極間の処理物を經由しない漏洩電流の遮断効果が不十分である。この漏洩電

流の遮断効果をあげるために仕切り板を多重にしたのが、多重仕切り型(2)である。しかし給電槽と反応槽が同一電解液で導通しているかぎり漏洩電流を安全に遮断することはできない。

この漏洩電流を、ショートカット電流又は、バイパス電流ともいう。この漏洩電流を皆無にするのが、気中給電型(3)と、給電槽、反応槽を別々にする分離型(4)である。気中給電(3)は、漏洩電流が全くないが、気中処理物中でのジュール熱が大きいことと、処理物が延びたり歪が発生したりすることで大電流ハンドリングには適さない。

分離型(4)は、この点の心配はないが電解電圧が上昇するのが欠点である。1mmあたりのアルミニウムの許容ハンドリング電流は～5A(気中給電)、～100A(液中給電)が限界の目安と考えてよい。給電槽、反応槽を小型化し密封したのが密閉型(5)である。密閉型でも電解槽壁を電極したものが(6)である。

(水平+浸せき)型は、処理物の表裏面が同一液に浸せきされるために、片(表)面のみ電解処理しようとしても裏面までも電流が廻り込み30～50%の電流ロスが発生する。この対策としては、電解処理の不必要面に絶縁シートを接触させ処理物と同速でハンドリングする方法などが種々工夫されているが、別報で詳しく述べることにする。

3. 5 垂直パス型電解

(3. 2)～(3. 4)は、パスが水平か湾曲しているのが特徴である。垂直パス型のスプレータイプを図7に、また浸せきタイプを図8に示す。

スプレー型は、処理物①を垂直にし側面にスプレー⑦を多段に配置し、処理物①にスプレー⑦よ

図6 (水平+浸せき)型電解槽例

図7 垂直パススプレー電解

図8 垂直パス浸せき電解

り給液する。処理物①とスプレー⑦を電源④と結合し通電する電解槽である。吐出された電解液は処理物に沿って重力によって下方に落下する。このため反応処理面の液交換は速やかに実施され、処理物界面の冷却効果も高く、全電解液量も少なくすむ。

本方式では、注意すべき点がある。それはスプレー型とはいえ、電解液が滴状になるように吐出してはならないということである。なぜなら滴状となると電解液が非連続となり、通電できなくなるためである。スプレーというよりは、塗装などに使用されるカーテンコートと考えたほうがよい。

図8の浸せき型は、細いたて型電解槽である。垂直パスであるため、表裏面の同時処理は電極を処理物に対し、左右対称に設置することで可能になる。直接給電も間接給電も可能であるが一回以上処理物が気中に露出するため、ジュール熱による処理ムラが発生しやすい。狭いスペースで長い処理長を得るには都合のよい電解槽である。電解槽が細く狭いため、処理物切断時の復旧作業と定期点検作業が困難なのが短所である。

4. これからの連続コイル電解槽の基本構造の課題

現時点での連続コイル電解槽基本構造の課題を次のように整理する。

1) 高電流密度・省電力電解の実践

本課題は、連続コイル処理メーカーが従来研究してきた課題の延長である。生産性向上と省エネ

ルギーは、永遠の課題である。

2) 薄膜基板の電解処理

「軽薄短小」にしたがい金属板も薄膜化され、機能面が重要視されてきつつある。電解面からすると薄膜断面積当たりの通過許容電流を大きくする技術が必要である。ジュール熱を薄膜からとる新しい冷却技術が必要となる。

3) 複合材料に対する電解処理

必要機能は表面で、また、強度は別な母材で得ると考えて作られるのが複合材料である。例えば、アルミクラッド鉄とかアルミラミネートPETとか複合材料は、益々その品種と量を増大してくる。著者の体験だが、(アルミ+鉄)材を陽極処理しても、アルミ面には酸化皮膜はほとんど生成しない。どうすれば生産ベースにのった酸化皮膜生成装置・方法の技術開発ができるだろうか。蒸着、ラミネート複合材料についても同様である。他企業に先行して開発したい技術分野である。

4) フレキシブル生産対応電解処理

コイル処理自体が大量生産方式に該当するが、現在少量多品種生産に対応できるようにするのが理想である。電解量(酸化皮膜量、めっき量など)は、ラインスピード・板幅・板厚・品種などに任意に対応させる(フレキシブル生産)ことが可能だが、給電量を変えるのみでなく、電解工程外の主要工程を自在に条件設定できるコンピューターシステム開発がポイントとなる。

5) 高付加価値連続処理

最近の電子機器の軽薄短小に伴いフレキシブル配線板(EPC)が急速に伸びつつあり、年率30%以上と見込まれている。EPCは硬質プリント配線板(PWB)にない柔軟性を有しており小型・高密度化する機器の設計や実装に対して、デザインの自由度が高いためである。基材には、銅張ポリイミドが使用される。現在では、EPC基板連続処理が最も付加価値が高い連続処理と推定される。

超大型設備による鋼板めっき、アルマイトラインなどばかりでなく、付加価値の高い電子材料部門にも精密で高速処理が可能な連続処理技術開発が課題となってきている。この分野では、従来の知見を集約することでかなりのレベルアップがはかれるだろう。