

太陽熱及び太陽光発電を利用しためっき廃液処理装置の開発

Development of a plating waste fluid treatment device using solar heat and power

技術開発部 プロジェクト研究科 三瓶義之

技術開発部 工業材料科 伊藤弘康

太陽熱及び太陽光発電を利用することにより無電解ニッケルめっき廃液の減量・資源回収処理を行う技術の開発に取り組んだ。太陽熱を効率的に吸収し、廃液を加温できる構造を検討し、ニッケルを析出させるための電極の素材・配置の検討を行った。また、効率良くニッケルを電気析出させるための電析条件についても検討を行った。得られた知見をもとに処理槽を試作し、屋外での処理を行った結果、めっき液の減量とニッケルの回収を行えることが確認できた。

Key words: 再生可能エネルギー、太陽光発電、太陽熱、めっき廃液、廃液処理、資源回収

1. 緒言

めっき処理業者にとって、無電解ニッケルめっき廃液などの廃液の保管や処理費用の負担は大きく、簡易で低コストの廃液の減量技術や処理費用削減技術には強い要望がある。

一方、太陽光発電をはじめとした再生可能エネルギー分野では、電力の買い取り量の制限や買い取り価格の低下に伴い、余剰の電力を自分で利用する自家利用技術について注目が集まっている。

この自家利用技術として、簡便な手法・装置でめっき液を処理する技術を開発できれば、産業廃棄物の削減と企業負担の低減、再生可能エネルギーの有効利用を図ることができる。

本研究では再生可能エネルギーを用いた無電解ニッケルめっき廃液の処理手法として、太陽熱による水分蒸発と太陽光発電でのニッケルの電気析出を組み合わせた減量・資源回収技術の開発に取り組んだので報告する。

2. 実験及び実験結果

2. 1. 太陽熱の有効利用

めっき廃液の水分を蒸発させることで減量を図るためには太陽熱を効率よく吸収し、水の蒸発に結び付ける必要がある。

そこで、処理実験に用いる容器に対する太陽熱吸収のための表面処理について検討を行った。

処理実験に用いる容器としては、めっき廃液に対する耐薬品性及び、実験の際の液量を考慮し容量 20[l] のポリプロピレン製の廃液容器を選定した。

容器表面の光の反射を抑制するために容器表面をサンドブラストにより粗化、さらに黒体塗料を塗布することで太陽熱を効率よく吸収できるようにした。

また、得られた熱量でより多くの水分を蒸発させる

ため、容器の太陽光入射面の内壁に開口部を設けた二重構造とし、開口部から入り込んだ液が局部的に太陽熱で加熱される構造とした。

2. 2. ニッケルの回収技術

無電解ニッケルめっき液廃液に太陽光発電で得られた電流を流し、液中に含まれているニッケルを電気析出により回収するため、めっき液に投入する電極素材及び効率の良い通電条件について検討を行った。

2. 2. 1. 電極素材の検討

無電解ニッケルめっき廃液に通電してニッケルを析出させる際には、めっき液中に陰極と陽極の両方を投入して通電する。この時、陽極にはめっき液との反応に加えて水の電気分解に伴う酸素の発生と陽極素材の溶出が起こる。そのため、陽極には酸化反応による不動態の形成及びめっき液への溶出が起こらない素材を選択する必要がある。

そこで、種々の素材を陽極としてめっき廃液に投入して通電し、その適性について検討を行った。陽極素材には耐腐食性の素材としてステンレス及びチタン、ニッケルの電界採取用電極として一般的な鉛¹⁾、不溶性の素材として黒鉛及び白金を用いた。陰極にはめっき液に対して耐食性を持つチタンを用いた。電極間に5[V]の電圧を印加し、8[h]通電した際の挙動を観察した。その結果を表1に示す。

表1 電極素材と通電時の挙動

陽極素材	ステンレス	チタン	鉛	黒鉛	白金
通電時の挙動	溶出	導通不良	溶出	粉末剥離	変化なし

ステンレスでは電極の溶出が見られ、チタンでは陽極酸化による不動態被膜の形成のために導通不良が起

こった。鉛は難溶性の酸化被膜が形成されず、電極が溶出した。黒鉛では電極から細かい粉末が脱落し、めっき廃液への混入が見られた。白金ではこれらの問題は見られず安定した通電を行うことができた。この結果及び電極材の価格・入手性より、陽極には白金被覆のチタン電極を使用することとした。

2. 2. 2. ニッケルの電析条件の検討

無電解ニッケルめっき廃液からニッケルを電気析出させる際、その析出量は流れた電流量とその時の電流量に対する析出効率で決定される。

この析出効率は、電圧、陰極電流密度、電極間距離、廃液中のニッケル濃度などに影響されると予想されるが、これらの条件は相互に関係するため、単一の条件だけ変化させて析出効率を評価することは難しい。

そこで、同一面積の太陽電池パネルを利用して、電圧は内部のセル直列数で設計するという前提に立ち、電圧と電極の構成を変えて通電した際の析出量を投入電力に対して評価することを試みた。

処理液には無電解ニッケルめっき廃液を用い、陽極に 100[mm]角の白金被覆のチタン製の網型電極、陰極に 100[mm]角の 10[mesh]のチタン電極を用いた。

陽極 - 陰極間の抵抗値の影響を見るため、陽極 2 枚と陰極 3 枚を 2[mm]間隔で交互に積層した複層電極と陽・陰極が各 1 枚で極間距離を 100[mm]とした単層電極を用いた。

通電は電圧 3.6[V]では複層電極、単層電極、4.8[V]、6.0[V]では単層電極で行い、適宜電極を引き上げて通電量と陰極増量を計測し、析出効率を求めた。

累計投入電力量に対する累計析出量の変化を図 1 に示す。

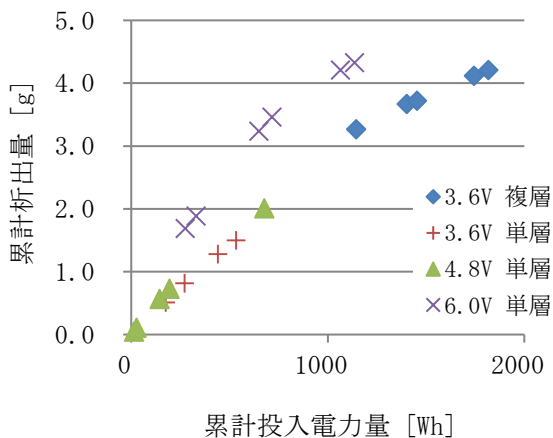


図 1 累計投入電力量に対する析出量

電力量の増加に伴い析出量が増加しており、電圧によってその増加速度は変化していることが分かる。

次に、累計投入電力に対する析出効率の変化を図 2 に示す。

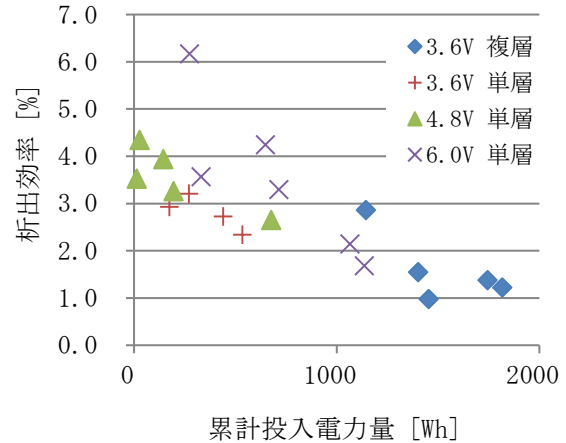


図 2 累計投入電力量に対する析出効率

処理が進むにつれ析出効率が低下していることが分かる。これはめっき廃液中のニッケルの析出による濃度低下に起因すると考えられる。

各電圧に対する析出効率をプロットしたものを図 3 に示す。

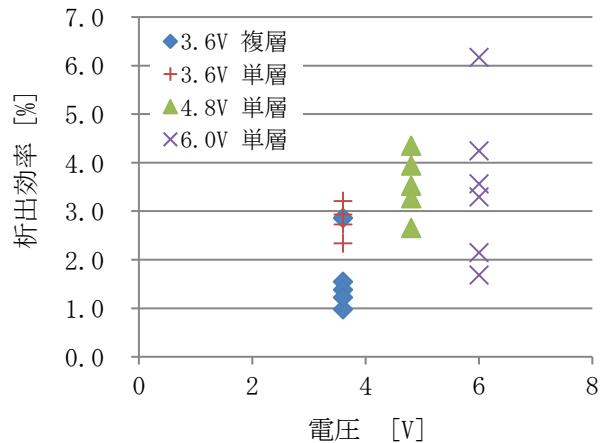


図 3 電圧に対する析出効率

析出効率の上限は電圧が上がるにつれて上昇していることが分かる。これらのことから、ニッケルの析出効率は電圧が高くなるにつれて上昇する傾向があり、そこから処理の進行によるニッケルの濃度低下に伴って減少してゆくものと考えられる。

2. 2. 3. 通電前後の廃液中のニッケル量の分析

前項の実験で得られた通電実験後の無電解ニッケルめっき廃液のニッケル含有量の分析を行った。未処理及び、複層の電極で 3.6[V]での通電、単層の電極で 6.0[V]で通電しためっき廃液を試料として、1000 倍に希釈して ICP 発光分析にてニッケルの定量分析を行った。その結果を表 2 に示す。

表2 めっき廃液中のニッケル量の分析結果

試料名	電極	電流 [A]	電力 [W]	電力量 [Wh]	Ni [g/l]
未処理				0	5.65
3.6 [V]	複層	4.82	17.36	1585	3.85
6.0 [V]	単層	2.94	17.67	589	3.68

3.6[V]、6.0[V]いずれも廃液のニッケル含有量は低下していることが確認できた。しかし、6.0[V]に比べ3.6[V]では3倍近い電力量が必要であり、長時間の処理が必要であった。

2. 3. 試作処理装置による屋外処理実験

得られた知見を適用した処理槽を試作し、太陽電池パネルを接続して屋外に設置し、無電解ニッケルめっき廃液の処理試験を実施した。

処理槽に7.12[kg]の無電解ニッケルめっき廃液を投入し、陽極に100[mm]角の白金被覆のチタン製の網型電極、陰極に100[mm]角の10[mesh]のチタン電極を用いた。太陽電池パネルには3.6[V]-6.7[A]と4.8[V]-5[A]の太陽電池パネルを直列に接続したものをを用いた。これを好天の昼間に設置し処理を行った。実験の様子を図4に示す。

合計の処理時間は7[日]で55.5[h]、太陽光発電により投入された電力量は合計で748[Wh]であった。

処理試験の結果、めっき液は0.9[kg](-12.6[%])減少し、ニッケル含有析出物として6.3[g]回収することができた。



図4 試作装置による処理実験の様子

(上：処理装置全体、下：処理時の電極からの発泡の様子)

また、処理により得られたニッケル含有析出物についてエネルギー分散型X線分析による定性分析を行った結果、重量比でニッケル：リンがおおよそ8:2の比率で析出していることが確認できた。

3. 結言

再生可能エネルギーを用いた無電解ニッケルめっき廃液の処理技術として、太陽熱と太陽光発電を用いた無電解ニッケルめっき廃液の減量・資源回収技術の開発に取り組んだ。太陽熱の効率的な吸収、通電によるニッケルの回収技術の開発に取り組み、実際に太陽熱と太陽光発電を用いてめっき廃液の処理実験を行った。それにより以下の知見を得ることができた。

- ・容器の太陽光入射面の表面処理と容器内壁の二重構造化により、効率的な熱吸収と局部的なめっき液の加熱ができる。
- ・無電解ニッケルめっき液に通電することでニッケル含有析出物の形でニッケルを回収できる。
- ・通電の際に印加する電圧が高いほうがニッケルの電気析出の効率が高い傾向がみられる。
- ・処理の進行に伴いニッケルの析出効率は低下する。
- ・電極を増やし、電極間距離を短縮して通過電流量を増加させても、大幅な析出量の増加は見込めない。

これらの知見を適用して太陽熱及び太陽光発電を用いた処理実験では、7[日]でめっき液を0.9[kg](12.6[%])減量でき、ニッケル含有析出物を6.3[g]回収できた。またニッケル含有析出物のニッケルとリンの比率は8:2であった。

本研究の結果より、再生可能エネルギーを用いて無電解ニッケルめっき廃液の処理を行える可能性を示すことができた。今後、処理の効率化と大型化への対応、金属精錬事業所側の受け入れ条件への適合について検討を行い、実用化を目指す。

参考文献

- 1) 江島辰彦：非鉄金属精錬、P.238