

# 電鍍金型の製造方法\*

佐々木 英幸\*\*、大道 渉\*\*\*、茨島 明\*\*\*\*、佐々木 守昭\*\*\*\*\*

トリアジンチオール化合物を用いるニッケルとエポキシ接着剤の高強度接着技術を応用して高耐久性の電鍍ニッケル金型を試作した。電鍍ニッケルに電解重合法でトリアジンチオール被膜を形成し、エポキシ化合物を塗布、加熱処理を行った。この電鍍ニッケルを型枠に入れエポキシ接着剤を塗布し、バックアップ材を流し込み金型を作製した。バックアップ材としてコンクリートを用いて作製した射出成形金型は 30,000 ショット以上の、同じく金属粉末を充填した熱硬化性樹脂を用いた金型では 1,000 ショット以上の成形が可能であった。本報ではこの電鍍金型の製造方法について述べる。

キーワード：電鍍、金型、トリアジンチオール、接着、射出成形

## Manufacturing Technique of Mold using Electro-forming

SASAKI Hideyuki, Daidoh Wataru, BARAJIMA Akira and SASAKI Moriaki

We made high durability mold using electro-forming on a trial. For this attempt, nickel of electro-forming was treated with triazine thiols by electropolymerization. Epoxide was applied on the electro-forming nickel with triazine thiol film, and heat-treated. After heat-treatment, the electro-forming nickel was incorporated in frame, and was applied epoxy adhesive, and then backup material was poured in the frame for reinforcing electro-forming nickel. Mold for injection molding was made by means of this process and using concrete as a backup material, and or thermosetting resin filled up with metal powder as a backup. When concrete was used as backup material, this mold was able to carry out injection molding of 30,000 or more shots, and when thermosetting resin filled up with metal powder was used, the mold carried out 1,000 or more shots. This report illustrates manufacturing technique of the mold using electro-forming and triazine thiols.

key words : electro-forming, mold, triazine thiols, adhesion, injection mold

### 1 緒 言

電鍍金型は、マスターモデル上に形成されたニッケルめっき層をキャビティ及びコアとして用いることから、転写性に優れ複雑なデザインや鏡面の要求される樹脂成形に適しており、特に外観デザイン性を重視する自動車部品や電子部品の成形金型として最適である。また、機械加工に比べ低コスト、短納期化、製品の形状の多様性に優れることから、今後益々その需要が高まると予想される。

電鍍金型に用いられるニッケルめっき(電鍍ニッケル)は、厚さ 1~5mm 程度でそれ自体強度が無く、金型としての強度を確保するため何らかのバックアップ材が必要となる(図 1)。このバックアップ材は、例えば自動車バンパーなどの大型部品を成形する金型ではコンクリートが、また電子部品などの精密部品用の金型では金属粉末を充填した熱硬化性樹脂が用いられる。このバックアップ材と電鍍ニッケルの接合には、一般にエポキシ接着剤が用いられる。しかし、エポキシ接着剤と電鍍ニッケルの接着強度が低く、その界面で剥離を起し金型の破損原因

となっている。

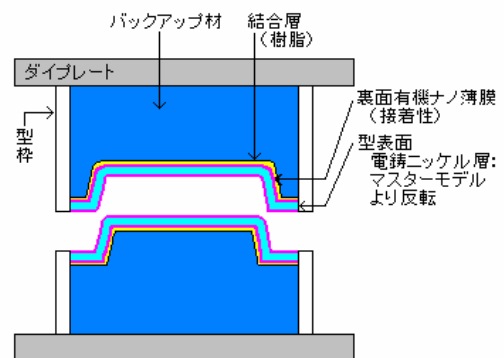


図 1 電鍍金型の構成図

著者らは、これまでこのような電鍍金型の長寿命化を目的に、電鍍ニッケルをトリアジンチオール化合物で電解重合処理し、エポキシ接着剤とニッケルの接着強度の向上について検討した。その結果、1,3,5-トリアジン-2,4-ジチオール-6-ナトリウムメルカプチド(TTN)水溶

\* 都市エリア産学官連携促進事業

\*\* 材料技術部

\*\*\* 財団法人 いわて産業振興センター(現 株式会社ケーヒン)

\*\*\*\* 企画情報部(現 企画デザイン部)

\*\*\*\*\* 株式会社 ケイ・エム アクト

液で電解重合処理した電鍍ニッケルにエポキシ化合物を塗布し 100～140℃で 1～2 時間加熱処理した後、通常の処方エポキシ接着剤を塗布し被着材と貼り合わせ硬化させることにより従来の 5 倍以上の接着強度が得られることを見出した<sup>1)</sup>。

この手法を用い、コンクリートや金属粉末を充填したエポキシ樹脂をバックアップ材とする射出成形用電鍍金型を試作し、連続成形試験を行った。その結果、コンクリートをバックアップ材として用いた金型で 30,00 ショットの、アルミニウム粉末を充填したエポキシ樹脂をバックアップ材とした金型で 1,000 ショット以上の射出成形が可能であった。

本報では、トリアジンチオール化合物による高強度接着技術を利用した電鍍金型の製造方法について述べる。

## 2 電鍍金型の製造方法

### 2-1 製造工程

図 2 に本法による電鍍金型製造工程の概略を示す。

①電鍍法は電気めっきを利用した表面形状の複製であり、マスター（母型）を必要とする。マスターの材質は金属やプラスチック、セラミックなどめっき浴に耐えられるものであれば何でも良いが、金属としては電鍍（めっき）のマスターからの離型性に優れる点からステンレス鋼が一般に用いられる。

②マスターをプラスチックやセラミックスなどの絶縁材料で作製した場合には、銀鏡反応や無電解めっき、蒸着、イオンスパッタなどの方法でその表面に導電処理を施す必要がある。

③導電処理されたマスターは、めっき浴に浸せきし所定温度で所定時間電気ニッケルめっきが施される。一定の厚さに成長した電鍍ニッケルはマスターとともにめっき欲から取り出し十分に洗浄する。

④次いで、トリアジンチオール化合物の水溶液中で電解重合処理を行い、ニッケル表面にトリアジンチオール化合物の被膜を形成する。

⑤トリアジンチオール被膜を形成した電鍍ニッケルは、エポキシ樹脂などのエポキシ基を少なくとも 2 個以上有するエポキシ化合物を塗布し、所定温度で所定時間加熱処理する。

⑥熱処理後、電鍍ニッケルはマスターとともに型枠の中に組み込まれる。このとき、必要に応じて冷却配管などを組み込む。

⑦金型としての強度補強のためコンクリートや金属粉末強化樹脂などのバックアップ材が流し込まれる。

⑧バックアップ材が硬化したのち、マスターを脱型し、必要に応じて型枠をはずし、スプルーやランナー、突き出しピン穴などの機械加工が行われる。

以下、電鍍金型の試作で使用した試薬、材料、電鍍作製方法、電解重合方法について述べる。

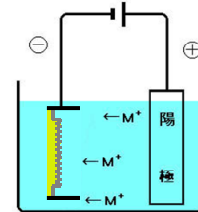
#### 1. 母型の作成 (ステンレスや プラスチック等)



#### 2. 導電性付与 (銀鏡やイオン スパッタなど)

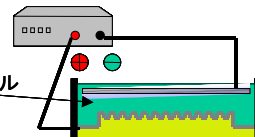


#### 3. 電鍍作成 (ニッケルや 銅合金等の 電気メッキ)

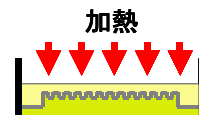


#### 4. 電解重合処理

トリアジンチオール  
化合物水溶液



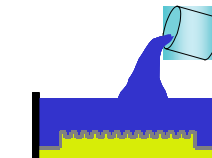
#### 5. エポキシ化合物を 塗布し加熱



#### 6. 型枠を組む (必要により 冷却管を配置)



#### 7. バックアップ材を 流し込む (コンクリートや 金属粉末強化樹脂)



硬化

#### 8. 母型を抜く (必要により機械加工)

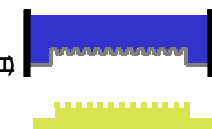


図 2 本法による電鍍金型の製造工程

### 2-2 試薬及び材料

電鍍ニッケルの表面処理に用いたアセトン（特級）、硫酸（特級）、四ホウ酸ナトリウム（特級）は関東化学（株）製を、ヒドラジン—十水和物（1 級）はナカライテスク（株）製をそのまま使用した。トリアジンチオール化合物は三協化成（株）製のトリアジントリチオールモノナトリウム塩（以下 TTN）を使用した。電鍍ニッケルとの接着のためのエポキシ樹脂はチバガイギー社製のアルラナイト LY-5052 を、硬化剤は HY-5052 を用いた。バックアップ用複合材料のエポキシ樹脂は、ジャパンエポキシレジン（株）製エビコート 630 を、硬化剤は同じくジャパンエポキシレジン（株）製のエピキュア Z（以下：Z）を

用いた。また、アルミニウムを混練したエポキシ複合材料は大日本色材工業（株）製 MYX-06 を用いた。

### 2-3 電鍍ニッケルの作製

電鍍ニッケルはステンレス鋼板あるいはベークライト板に所定形状のプラスチック製マスターを固定し、白金イオンスパッタあるいは銀鏡反応により表面導電化した後、ワット型ニッケルめっき浴(表 1)に浸せきして電流密度  $7\text{A}/\text{dm}^2$  の条件で作製した。めっき浴から取り出した電鍍ニッケルは蒸留水で洗浄し乾燥した。

表 1 ワット型ニッケル浴の組成と条件

| 組成     |         |
|--------|---------|
| 硫酸ニッケル | 280g/l  |
| 塩化ニッケル | 45g/l   |
| ホウ酸    | 40g/l   |
| 第一光沢剤  | 20ml/l  |
| 第二光沢剤  | 2ml/l   |
| ピット防止剤 | 1ml/l   |
| 条件     |         |
| 温度     | 55℃     |
| pH     | 4.0～4.8 |
| 攪拌     | エアー     |

### 2-4 電解重合と熱処理

電鍍ニッケルは酸処理（10%硫酸：20℃：30 秒浸漬）後、流水洗浄、ついでアルカリ処理（5%ヒドラジン：20℃：1 分浸漬）を行い、流水洗浄後、湯煎、温風乾燥し電解重合処理に供した。

電解重合処理は、ポテンショスタット（（株）山本鍍金試験機製）を用い所定量の支持電解質を加えた TTN 水溶液中で作用電極に電鍍ニッケルを、対極に白金あるいはステンレスを接続し 2 電極方式の定電位法で所定時間室温で行った。TTN 水溶液濃度は  $10\text{mmol}/\text{l}$  とした。支持電解質は四ホウ酸ナトリウムを用い、電解液中濃度が  $10\sim 50\text{mmol}/\text{l}$  となるよう調整した。電解重合処理した電鍍ニッケルはアラルダイト LY5052 の 2wt/vol%アセトン溶液を塗布し  $145^\circ\text{C}$  のオーブンで 2 時間加熱処理を行った。

## 3 電鍍金型の試作

### 3-1 バックアップ材に Al 粉末/エポキシ樹脂複合材を用いた電鍍金型の作製

金型の作製方法を以下に示す。ステンレス鋼板の上にマスターとして図 3 に示す表面形状を有するプラスチック製のプリズムシート（ $20\times 20\text{mm}$ 、厚さ  $0.24\text{mm}$ ）を固定し（図 4）、白金イオンスパッタで表面導電化処理を行った。これをめっき欲に入れ 8 時間通電し電鍍ニッケルを作製した（図 5）。

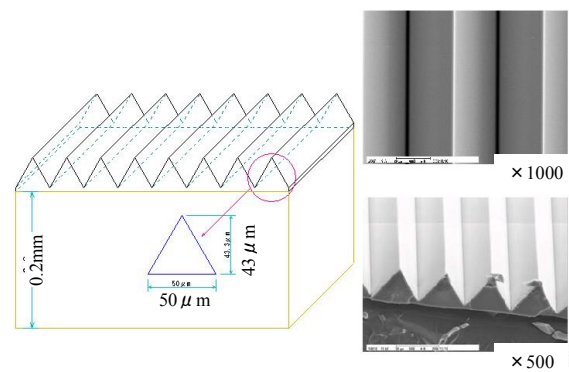


図 3 電鍍母型（マスター）のプリズムシート

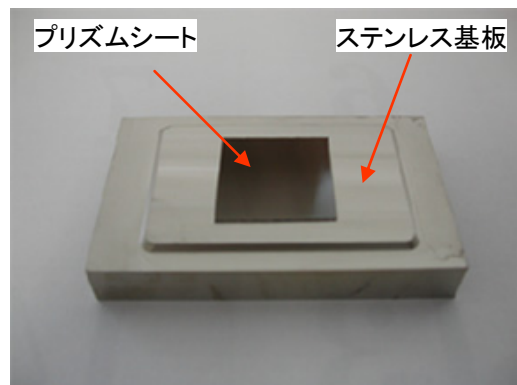


図 4 プリズムシート（母型）を固定したステンレス基板

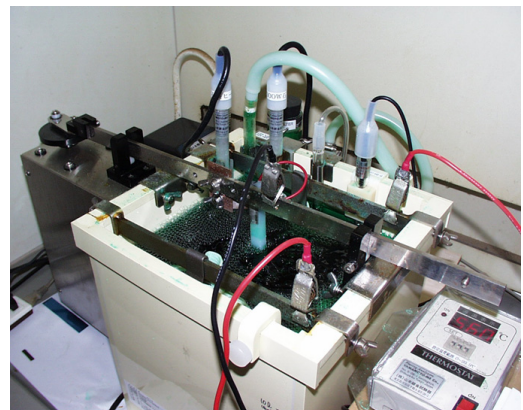


図 5 電鍍ニッケルの作製（ニッケルめっき）

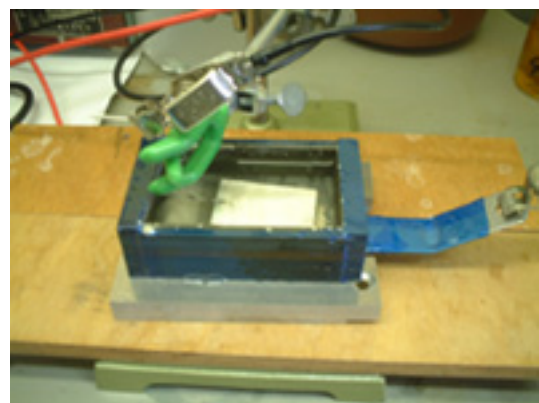


図 6 電鍍ニッケルの電解重合処理



この電鍍ニッケルに所定の条件で電解重合処理を10分間行い(図6)、トリアジンチオール被膜形成後これを取り出し洗浄、乾燥し、次いでLY5052のアセトン溶液を塗布し所定の条件で加熱処理を施した。処理した電鍍ニッケルをステンレス基板ごと型枠の中に入れ、Al粉末/エポキシ樹脂複合材を流し込み150℃で5時間加熱硬化した。冷却後型枠から取り出し、ゲートやインジェクタピン穴などの機械加工を行った(図7)。

転写した電鍍ニッケルの断面の電子顕微鏡(SEM)画像を図8に示す。断面研磨痕が荒いため微細なエッジ部分まではわからないが、高精度に転写していることが伺われる。このように電鍍法は微細な形状を複製する手段として最適であることがわかる。

作製した電鍍金型はモールドベースに組み込み、所定の条件でアクリロニトリル・スチレン共重合樹脂(AS樹脂)の射出成形実験を行った(図9)。

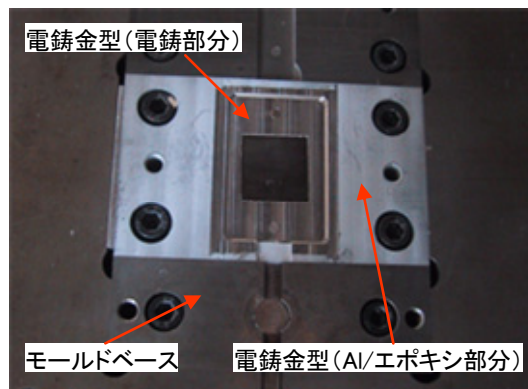


図7 機械加工後モールドベースに組み込んだ電鍍金型

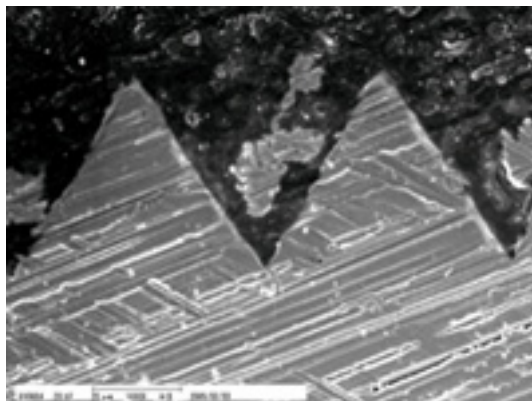


図8 電鍍ニッケルの断面 SEM 画像

成形品を図10に示す。電鍍金型はバックアップ材と電鍍間の剥離がなく、1,000ショット以上の射出成形が可能であった。また、エポキシ樹脂をマトリックスとするバックアップ材は鋼材製の金型よりも熱伝導性が低く断熱効果があることから、金型内での樹脂流動性が高く薄肉成形や微細形状の転写性に優れることが期待される。



図9 プリズムシート転写電鍍金型の成形実験  
(上：射出成形機 下：モールドベースに組込んだ電鍍金型)



図10 プリズムシート転写電鍍金型の成形品

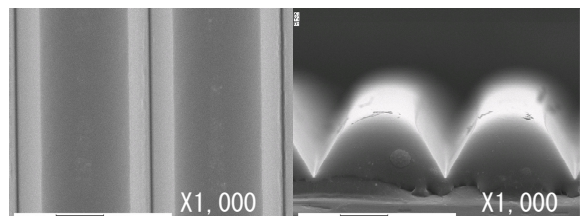


図11 電鍍金型成形品のSEM画像  
(左：上から、右：横から)

しかし、プリズムパターンについては今回の成形条件の範囲内では完全に転写することは出来なかった。成形品のSEM画像を図11に示す。

### 3-2 コンクリートをバックアップ材とした電鍍金型の試作

(株) ケイ・エム・アクトにおいて特殊コンクリートをバックアップ材として用いて、同社で使用される紙管キャップ成形用電鍍金型の試作と成形実験を行った。金型の作製工程を以下に示す。

ベークライト板(300×250mm、厚さ 10mm) 上にφ40mm、及びφ60mm、高さ 15mm、肉厚 1mm のベークライト製円筒 2 種類を貼り付け、これに銀鏡反応により導電層を形成した後、電気ニッケルめっきを行い厚さ 3mm の電鍍ニッケル層を形成した(図 12)。



図 12 ベークライト上に形成した電鍍

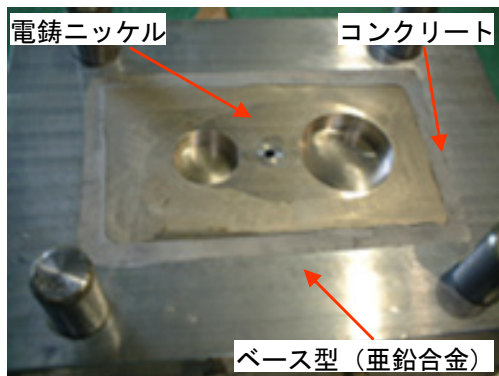


図 13 ベークライト上に形成した電鍍



図 14 成形品(紙管キャップ)

このときのめっき浴は、同社固有のスルファミン酸系ニッケル浴を用いた。めっき後、ベークライト板を含む電鍍ニッケルは水洗後、乾燥しトリアジンチオール水溶液中で電位 3V で 10 分間電気化学的表面処理を行った。

これを取り出し水洗、乾燥後、アセトンで約 5%に希釈したアラルダイトLY5052 を  $0.2\text{g}/\text{cm}^2$  の割合で塗布し  $140^\circ\text{C}$  のオーブン中で 2 時間加熱処理を行った。熱処理後冷却し、硬化剤を加えたエポキシ接着剤(アラルダイトLY5052)を塗布、さらにガラス繊維を前記エポキシ接着剤で積層した。

これに冷却配管を配置したのち所定サイズの亜鉛合金枠に入れ、コンクリートを流し込み 7 日間養生した。養生後コンクリートおよび亜鉛合金枠と一体化した電鍍ニッケルはベークライト母型をはずし、スプルー、ランナー加工を施し射出成形用型(図 13)とした。この電鍍金型を用いて、型温  $40^\circ\text{C}$ 、樹脂温度  $200^\circ\text{C}$  で熱可塑性エラストマーで紙管キャップ(図 14)を成形した。30,000 ショット成形後も電鍍ニッケルの剥離は認められなかった。

## 4 結 言

ニッケルのトリアジンチオール電解重合処理による接着技術を応用して高耐久性電鍍金型の試作を行った。問題となっていた電鍍ニッケルとエポキシ接着剤との接着強度が大きく改善され剥離は認められなかった。作製した電鍍金型はバックアップ材を金属粉末/樹脂複合材料とした場合で 1,000 ショット以上の成形が可能であり、コンクリートをバックアップ材とした場合には 30,000 ショット以上の成形が可能であった。

金属粉末/樹脂複合材料をバックアップ材とした電鍍金型は、断熱効果があることから薄肉製品や微細形状製品の成形に効果があると期待されるが、今回行ったプリズムパターンの射出成形実験条件の範囲内では完全に転写するまでに至らなかった。

## 文 献

- 1) 佐々木 英幸, 大道 渉, 佐々木 守昭: 特願 2005-92972 (2005)