部分〔筆〕めっき

— プラスチック，ゴムおよびガラス金型への適用 —

マーヴィン・ルービンスタイン*

Selective (Brush) Plating

— A “Put-on” Tool for Plastic, Rubber and Glass Molding —

Marvin RUBINSTEIN*

(訳) 藤田 実**，五味 善一***

本報〔Metal Finishing, Oct., 83 (1982)〕は，部分〔筆〕めっきについての講座（13回）の10回目のもので，プラスチック，ゴム，ガラスなどの金型の補修分野への本技術の広範な適用について述べている。

1. はじめに

金型は，通常，未加工あるいは未完成品から金属を除去しあるいは置き換えることによって製作される。したがって，金型メーカーは，研削，切削加工，フライス加工，ドリル加工，ホッピング加工，電解加工，放電加工などの金属の除去技術に精通している。

しかし，金型のメーカーやユーザーが高価な金型を補修あるいは保護したり，成形機械の不経済なダウンタイムの発生を予防するには，金属を被覆するのに好都合な方法が必要である。このことは，プラスチックあるいは工具工場の専属工場にも受注工場にもあてはまる。

部分〔筆〕めっきは，金型をメンテナンスする者が正に必要とする金属の被覆手段を提供することとなった。プラスチック，ゴムおよびガラスの成形工場におけるこのシステムの利用は，極く最近進展したものであり，およそ10年前ごろから始まったものである¹⁾。

2. 金型への適用

金型への適用では6つのものが目立つ。表1にはこれらについて示すが，これ以外に，成形機械およびゴムやプラスチック用のカレンダーロールあるいは印刷ロールの補修などについても示す²⁾。専門のマニュアル³⁾も発行されており，これにはあらゆる金型の補修について広範な項目が設けられている。「合成樹脂加工用の道具の製作」という表題のドイツの本⁴⁾では，これについて広範な章が設けられている。

最も一般的な適用は，腐食，磨耗，損傷あるいは過剰加工されたキャビティの補修すなわち金属の被覆である。補修面は，この後に機械的に元の寸法と形状とに加工される。もう一つの適用には，ばりの発生をなくすために，損傷を受けたゲート面あるいは磨耗を受けたり削り取られたりしたパーティングラインの補修がある。

金型表面に，筆めっきで薄く均一に施した硬質Au合金は，使用中の耐食性をよくすると同時に，

*Selectrons Ltd.
116 East 16 Street, New York, New York 10003,
U.S.A.

** 武蔵工業大学 (〒158 東京都世田谷区玉堤 1 - 28
- 1, ☎ 03-703-3111)

*** プラメックス㈱ (〒146 東京都大田区池上 5-22
- 21, ☎ 03-754-2211)

こう着が予防されて離型特性が改善される。金型に施したCd部分めっきは、保管中の腐食を防ぎ、また冷却経路でのさびの発生を鈍化させることによって水冷効果を増大する。

あまり多くはないが、磨耗を受けたキャビティ；コア、エジェクタおよびガイドピン；コアブッシュ；ストリッパリング；ならびにトグル、リードピンのブッシュなどの肉盛りにも適用される⁵⁾。また別の用途としては、金型のマーキングのための板型を通しての逆電流エッチングがある。

プラスチックあるいはゴムにカレンダーリングあるいは印刷をする会社にとっては、シリンダ上の損傷部分をふさぐには、部分めっきは好ましい方法である。すべての会社にあてはまるのは、成形機械の油圧シリンダなどの部品を修復して使えるようにすることである。

これらの適用についての詳細を以下に述べる。

3. キャビティの損傷の補修

切削加工の最終段階で、作業者が失敗することが

ある。失敗により過剰加工されたり、あるいは少量の硬質プラスチック材料が成形粉末と混合されて射出中にキャビティに大きなへこみを生じると、2000ドル相当の価値を失うことになる。時には、プラント要員か保守要員が、偶然にキャビティにねじのような異物を置き忘れて同様の損傷が発生する。時によると、この種の損傷はすでに成形された部品あるいは前に射出されなかったランナによっても生じる。あるいは水が一晩キャビティの中に残っていて、金型表面が腐食されたりピットが発生したりする。

このような場合には、損傷面を洗浄、活性化し、部分めっきを施して金属を被覆することができる。部分めっきでは各種の金属を析出させることができる。低圧のびん、タイヤあるいはブロー金型には、析出速度が速いために、容易に元の外形を再生できるCuが用いられる。写真1～3にはこの作業順序を示す。

最終的には、Ni-WめっきかNi-Coめっきを施すことができる。射出成形などの高圧金型には、Ni、Ni-CoあるいはNi-Wのような硬い金属で

表1 金型への部分めっきの適用

適 用	めっき金属	仕上げめっき金属
キャビティの損傷 ^{a)}	Ni か Cu	Ni-Co か Cr 仕上げ
ゲート面あるいはパーティングラインにおける ばりの補正 ^{b)}	Ni か Cu	半光沢Ni, Ni-Wか Ni-Co
防食 ^{c)}		
PVC金型	Au (硬質合金)	不 要
金型の保管	Cd	不 要
水冷金型	Cd	不 要
離型特性の改善	Au (硬質合金)	不 要
コアピンおよびブッシュの肉盛り ^{d)}	Ni, Co か Ni-Co	不 要
型の識別およびマーキング	活性化液 (逆電流)	不 要
カレンダーロールおよび印刷シリンダ	Cu	Ni-Co か Cr 仕上げ
機械の保守、油圧機の補修 ^{e)}	Cu	Ni-Co か Cr 仕上げ
シャフト、軸受面およびベアリング嵌合部の肉盛り	Ni か Co	軸受はめあいにはSnかCd

a) Niは射出金型のキャビティの補修用。低圧金型にはCuを使用してもよい。

b) パーティングラインについては、半光沢NiかNi-Coだけを用いるべきである。

c) Auは耐酸性であり、Cdは鉄鋼金型、水路およびバックプレートのさびの発生を防ぐ。

d) 後で切削加工をしないで元の寸法まで肉盛りする。

e) Crをはく離する必要なし。

被覆して新しい表面を形成することができる。ガラス金型の損傷を修復する場合も同様の金属を用いる。

Crあるいは無電解Niをめっきしたキャビティ

写真1 キャビティの損傷の補修工程(1)
(矢状の部分は高価な金型のかけ目を示す。)

写真2 キャビティの損傷の補修工程(2)
(かけ目の周囲の面をマスキングしてから、かけ目とその周囲の面を洗浄、活性化し、Niめっきを施す。)

写真3 キャビティの損傷の補修工程(3)
(マスキングを除去してから、損傷面だけでなく露出しているすべての面にNiめっきを施す。その後で、と石で研ぐか切削をして元の表面にする。必要な場合には、硬質Ni-WかNi-Coの最終めっきを施す。)

のかけ目あるいはへこみは、キャビティ全体のめっきをはく離した再Crめっきをしないで補修できる。なお、部分めっき技術は硬質Crめっきには適用できない。しかし、部分めっきによるNiおよびその合金は、皮膜形成に申し分のない硬さがある。

補修にかかる時間を2時間以内と見積った場合には、金型を機械に取付けたままで部分めっきがしばしば行われる。というのは、補修時間が非常に短い場合には、金型の取りはずしと取付けに要する時間が大きなファクターとなるからである。この種の損傷を補修するのに要する時間は普通15～30分間である。

金型を成形機に取付けたままで行っている作業例を写真4に示す。ブロー成形プラスチックびん用の363トンの射出プレスの現場補修で、16-キャビティのパーティングラインに補修を行っている。厚さ0.2mmの高速度Niめっきを施し、仕上げを行う。分解などを行った場合には3時間も要したのに、この作業では1時間を要したにすぎない。

損傷を受けた面あるいは過剰切削された面を単にふさぐことはできない。この場合は、先ず損傷部分に密着性がよく機械的強度のある金属をめっきする。その後で、過剰の金属を除去して元の寸法と形状にする。この作業を効果的に行うには、手作業によるいくつかの機械的こつをマスターする必要がある、また作業用のハンド研磨具、と石やナイフなども必要である。

写真4 金型を成形機に取付けたままでの作業例
(射出成形機に取付けたままの16-キャビティの磨耗したパーティングラインの現場での再被覆。分解などの作業に3時間も要するのに対して、0.2mmの被覆と元の表面への仕上げに要した時間は、1時間以内であった。)

4. “ばり”の補正

磨耗したゲート面あるいは損傷を受けたパーティングラインは、ばりをなくすために、部分めっきを行って補修される。ゲート面の磨耗量を測定してから、デジタルA-hrメーターを用いて必要とする金属の量をモニターしながら正確に肉盛りめっきをする。なお、この場合には、時によると後の切削加工が必要ではない。

削られあるいは損傷を受けたパーティングラインは、同様の方法で補修される（写真5）。しかしながら、ほとんどのパーティングラインは尖った外角である。尖った外角部分の電場は高電流密度であり、析出金属はこぶ状か樹枝状になる傾向がある。冶金学的に完全な状態の析出物を得るために、析出速度は他の部品への部分めっきによる補修に通常使用されるものの $\frac{1}{2}$ にすべきである。

種類が異なる金型の補修には金属と溶液のどちらに合せるのか、ということを経験者が問いつけてくる。前述したように、低圧金型の補修には通常はCuが用いられ、射出金型にはNiおよびその合金が最適である。部分めっき材料業者は、種類の異なる補修には異なったタイプのNiめっき液を販売している。

高速度Niめっき液は目玉商品であり、多くのタイプの損傷をふさぐのに用いられる。しかし、これは、析出粒子が粗くて、パーティングライン、尖った外部のコーナーへの肉盛りあるいは平滑な

ポアフリーの処理を必要とする用途には向かないであろう。これらの用途には、微細粒子が得られる半光沢、高レベリングNiあるいはNi-Co合金を用いるべきである。

最後に硬いめっきが必要な場合には、Ni-Wめっきで65 Rockwell Cまでの硬さが得られる。Ni-Co合金めっき（約55 Rockwell C）は摩擦係数が低く離形特性がよい。

5. PVC金型

容器およびびん用のポリビニルクロライド（PVC）とポリビニリデンクロライド（PVDC）の使用が増加するに伴って、特別な製造の問題が起ってきた。成形プロセスで、これらのポリマーから極めて少量の塩酸が遊離し、これはダイキャビティをエッチングしあるいはピットを発生させる傾向がある。ピットは、ドラッグマーク、フィッシュテールなどの欠陥の原因となり、その結果、金型およびダイの寿命が短くなる。

硬質Crめっきは塩酸に侵されるので、この問題は解決されない。ほとんどのめっき作業者が知っているように、塩酸はCrのはく離液に用いられる。簡単な解決策は、多くの成形工場で広く実用されているが、 $2.5\mu\text{m}$ のポアフリーの硬質Au合金めっき（140–160 Knoop）を金型表面に部分めっきすることである（写真6）。これはPVCから遊離した塩酸による侵食を防ぎ、その結果、金型の寿命がかなり長くなる。

写真5 ばりの補正

（ゲート面におけるパーティングラインは、過酷な成形条件のために磨耗されるのが速い。写真は、この面をNiで部分めっきをしているところを示す。このようにしてプラスチック成形においてばりが排除される。）

写真6 PVC金型表面への部分めっき

（PVCの成形に用いられる金型表面の $2.5\mu\text{m}$ の硬質Au合金（140–160 Knoop）は、PVCから遊離した塩酸による侵食を防止する。金型の寿命が延び、プラスチック製品のフィッシュテールの発生が防止される。）

Auめっきの補修は、必要ならば金型を成形機械に取付けたままで行うことができる。ゲートのような金型のある面の磨耗がひどくなり、非常に短時間で皮膜に侵食が生じた場合には、部分めっき装置を成形機械のところにもってきて、補修面を洗浄し、Auを重ねめっきする。少量のベンガラで表面を研磨しあるいは柔らかいワイヤブラシでマット状の表面をこすって、新しいめっきを古いめっきに重ねめっきする。

6. 離型の問題

鋼やクロムにこう着する傾向のあるプラスチック材料を成形する場合には、硬質Au合金めっきは迅速な型離れの目的にかなっている。こう着を防ぐのに必要なPVC金型のAuめっき厚さは、約半分で十分であろう。

図1のグラフは、大手のプラスチック会社での最近の研究報告⁶⁾からとったものであるが、この点を立証している。Auめっきを施した表面は、研磨したAuめっきを施さない金型表面での脱着力よりも50%低い(低い脱着温度で)ことを示している。電子制御された非常に高い生産性の新しい成形方法は、リアクション(RIM)^{7,8)}といわれている。これらのデータを最もよく利用できるシス

テムの優れた例である。部分Auめっきの特殊な性質は、RIMへの適用には非常に価値がある。というのは、RIMでは成形品がこう着する傾向があり、システムの速いサイクルタイムを遅くするからである。

上述の二つの適用の概要を述べると、いつも多くの質問がよせられる。成形業者は、Auが材料として軟らかすぎないかどうか、また、すぐに磨耗して塩酸に対する耐食性が限定されないかどうかをたずねる。ほとんどの適用について答は“ノー”である。Auは軟らかいが、変形力がかかると削れやはがれが生じないで流動する傾向がある。これは固体潤滑剤として作用する。特に高い圧力がかかる面(たとえばゲート)では磨滅するが、この部分は現場で容易に部分めっきを施すことができる。

いくつかの例外はある。ガラスファイバーのような材料が補強のためにPVCと混合される場合は、Auの磨耗は速い。同様に、押し出しダイスを防護するためにAuを用いる場合には、高圧がかかるので磨耗が速い。このような場合には適用方法を変える必要がある。

すなわち、Auのフラッシュ部分めっきを施してからNiめっきを、最後にAuめっきを施す。Auめっき層の厚さを1~3 μ mにし、Niめっき層は形状

図1 離型に必要な力

(表面にAuの部分めっきを施した金型と施さない金型から、プラスチック製品を脱着するのに必要な力。
試料: 大きなスリーブ、内径: 63mm, 非円錐形、長さ: 75mm, 壁厚: 4mm)

を損わない程度でできるだけ厚くすべきである。最終のAuめっき層はすぐに磨耗してしまうが、一部はNiめっき孔の中に押し込まれて塩酸の侵食を防ぐ。Niに孔が残っていても、Niの下のAu層が障壁層になる。

7. 金型の保管

多くの会社では、将来の使用のために多数の金型を保管している。これらに機械油やグリースを塗って保護しているにもかかわらず、しばしばさびが発生して腐食する。さびを除去するとピットや腐食跡が残る、これは、時には金型を使用不能にしてしまうほど重大である。

成形業者は、部分めっき業者と共に、航空機の実分野で開発された技術を利用できる。部品を保管する前にCdめっきすることであり、狭い面積のところに50 $\mu\text{m}/\text{min}$ の速さで部分めっきできる。必要ならば、Cdめっき後にグリースや機械油を塗ってもよいが、通常は必要でない。素地の鋼を犠牲防食するには、13 μm のCdめっきで十分である。金型を使用するときには、はく離液でCdを除去できる。この代りに、最初に成形操作を5・6回行えば、Cdは比較的迅速に消失してしまう。

8. 水冷金型

軟鋼に水が接触すると直ちにさびが発生する。さびは断熱体として作用するので、多くのプラスチック成形業者は、金型のウォーターホールやコア、キャピティの水路ならびにバックプレートなどにCdめっきを施して、径の小さい水路にさびが生じまたスケールが析出するのを防ぐ。これによって、冷却水の十分な流れと最適の熱循環効率が保証される。

9. ピンおよびブッシュの肉盛り

ピンやブッシュが磨耗して寸法が許容公差からはずれた場合には、金型コアピンおよびコアブッシュを捨てて取り換える必要がある。これらの部品に、デジタルA-hrメーターで調整しながら部

分めっきを施して元の寸法にし、そして切削加工を行わないで使用状態に戻すことができる。

NiおよびCoは強じんで耐磨耗性もよいので、この場合の部分めっき金属として選択される。更に硬い表面が必要な場合には、Ni-WかNi-Co合金部分めっきがよく、55~65 Rockwell Cの硬さが得られる。ピン類には施盤あるいはターンヘッドで回転させて部分めっきを施すことができる。

この操作は、ストリップリングの寸法の修復および回転スピンドルのSnめっきにも適用できる。コアピンやブッシュの他に、突出しピンやガイドピンならびにトグルピンブッシュやガイドピンブッシュにも適用されてきた。

10. マーキング

機械部品の識別マーキング用の小形の電解エッチング機械が多数市販されている。これを購入しないでも、同じ作業を部分(筆)めっき装置で行える⁹⁾。タイプライタ原紙に数字をタイプし、専用の活性化液あるいはエッチング液を用いて部分めっき電源を逆電流にし、原紙を通して金属をエッチングすれば識別マークあるいは数字が得られる。金型表面に貼りつけたタイプをした原紙上で部分めっき作業具を動かし、識別数字を付ける露出面から金属を除去する。金型の数字はいつかは変ることがあり、この場合には前の数字を部分めっきでふさぎ、新しい原紙を通してエッチングして数字を付ける。

11. その他の適用

金型の分野での部分めっきの適用はこの他にも数多くある。セントルイスのある工場では、大手のUS航空会社のロゴ(社章)を側面に標示したプラスチックカップを作っていた。ロゴの彫り込み深さは1.5 mmであった。この会社ではこのカップの生産がなくなり、そして20000ドル以上の金型を修理して使用する方法を見つけた。彫り込み面にCuとNiめっきを施せることがわかった。金属を十分めっきして表面を再加工した。最後に、Ni-Wめっきを施した。金型は新しいものと同じ

ように使え、その後、10万個のロゴレスプラスチックカップを作った。

倍数取りキャビティを製作している会社では、時々、1個のキャビティが限界を越えて使えなくなるという特殊な問題に直面した。この問題は、金型を配置し直すことができるように、キャビティの片側からは金属を削り取り、他方には詰め金をして解決された。詰め金の代用として部分めっきが利用できる。

12. プラスチックの印刷 およびカレンダーリング

部分（筆）めっきは、プラスチックカレンダー加工や軟質プラスチックへの印刷用のグラビアシリンドラの保守用具としても用いられてきた。両者ともすり傷などの損傷を受けやすい。部分（筆）めっきは、カレンダーロール上のすり傷や損傷、収縮面あるいはその他の小さな欠陥部をふさぐのには理想的な技術である。

グラビアシリンドラでは、損傷をふさぐこと、磨耗したブリッジの復興、色調値の変更ならびに値段あるいは識別数字を取り除くことなどに適用される。充填用には通常Cuめっきが利用されるが、復興用にはNiあるいはその合金めっきが必要である。このような補修は、専門のマニュアル¹⁰⁾に詳述されている。

13. 機械の保守

金型の補修に部分めっきプロセスを採用している多数の成形業者は、これがプレスや機械の保守にも有用な方法であることを見出した。Crめっきした油圧シリンドラの割れ目やすり傷を先ずCuめっきでふさぎ、次いでNi-Co合金の最終めっきを施す。この補修は、取りはずさないで、しかもCrをはく離しないで行える。全体的に丸く、同心円のベアリング嵌合部が部分めっきによって得られる。

ベアリングケージの内面が磨耗した場合には、NiかCoで、時にはその上にSnやCdのような軟質金属をめっきして元の径に戻す。寸法がわずかに小さくなり、それからベアリングを適当な位置

にはめ込む。磨耗したシャフトやジャーナル表面は、部分めっき法で迅速に肉盛りできる。

14. おわりに

部分（筆）めっきは 金型が損傷を受けたり、腐食して困っている金型メーカーやユーザーにとっては、格好の補修方法である。この分野での部分めっきの利用はまだ発展段階にあるが、やがてこの技術が、プラスチック、ゴム、ガラスなどの金型工業で、標準的な金型の補修方法になるであろう。

参 考 文 献

- 1) "Selective-Plate Your Molds to Reduce Corrosion", *Plastics Technology*, Feb. 1967.
- 2) "How Cylinders are Repaired at Toscani", *Gravure*, July 1963, pp. 10-12.
- 3) "Instruction Manual for Repair and Protection of Plastic, Rubber and Glass Molds and Dies", *Bulletin SI-180*, Selectrons Ltd., Waterbury, CT
- 4) *Werkzeugbau für die Kunststoff-Verarbeitung*, Chapter 24, "Selektives Auftragen von Metallen für Reparatur und Schutz von Werkzeugen", Carl Hanser Verlag, Munich, W. Ger., 1979, pp. 418-426.
- 5) Private communications from Poly Top Corp. (April 1976) and Parkway Plastics, Inc. (June 1976) to Selectrons Ltd.
- 6) Test Report "The Behavior of Various Tool (Mold) Surfaces on the Removal Characteristics of Makrolon 2800", Bayer (Sverige) AB, Stockholm, Sweden, June 21, 1978.
- 7) "New RIM Technology for the Nonautomotive User", *Modern Plastics*, Mar. 1980, pp. 50-53.
- 8) "Where RIM Gets Its New Momentum", *Modern Plastics*, May 1980, pp. 38-41.
- 9) "Hand-Held Stylus 'Erases' Metal", *The Iron Age*, Feb. 13, 1964.
- 10) "Repair Manual for Rotogravure and Plastic Printing Cylinders, Calendar Rolls, Hydraulic Rams, Pistons and Similar Components", *Bulletin SI-130*, Selectrons Ltd., Waterbury, CT.