特集／エンジニアリングプラスチックへのめっき

ポリカーボネート(PC)へのめっき

上村 善一^{*1)}, 本間 精一^{*2)}, 榎 孝巳^{*3)}

Plating on Polycarbonate Mouldings

Zenichi UEMURA^{*1)}, Seiichi HONMA^{*2)}, Takami ENOKI^{*3)}

ポリカーボネートの衝撃強度の保持, めっき処理工程の簡素化などの目的で, ポリマーアロイタイプのめっきグレードが開発されている。ここでは, めっきグレードのめっき原理, 処方, 特長, 応用事例について紹介する。

1. はじめに

ポリカーボネート(PC)は耐衝撃性, 透明性, 耐熱性, 寸法安定性, 燃焼性などに優れた性能を有しており, 工業部品から雑貨まで広い用途に使用されている。PCにめっき処理する技術はすでに15, 6年前から知られていたが, 本格的に注目され出したのは, ここ4, 5年前からである。この背景としては自動車用途を中心とした軽量化, 設計の自由性などから, エンプラのめっき技術が注目されたことがあげられる。

しかし, PCのめっき品は, 未めっき品に比較して衝撃強度が低下するという難点があった。また, めっき処理工程としてブリエッチングを必要とすることも工程を複雑にしており, 一般の用途では敬遠される場合もあった。これらの難点に対してはポリマーブレンドタイプのグレードが開発されたことによって応用範囲も広がった。

さて, 最近ではナイロン, ポリアセタール, 変

性PPE, PBTなど, 汎用エンブラすべてについてめっき技術が開発されているが, 各々の樹脂にめっき処理した場合の得失は不明確である。これらエンブラの中にあつて, PCめっき品の特長は以下のように整理される。

- (1) 衝撃強度が高い(ポリマーアロイグレードについて)。
- (2) 表面仕上りがきれいである。
- (3) 透明PCを用いて部分めっきすることにより部分的に透視, または透光性のあるめっき品が得られる。

以下, PCのめっき技術とその応用について説明する。

2. めっき原理と処方

ここでは, 三菱瓦斯化学のユーピロンめっきグレードPL-1, 及びPL-2のめっき原理と処方について説明する。なお, 標準グレードのめっきはPL-1のめっき処方に準ずればよい。図1に各グレードのめっき原理を示す。

2. 1 ユーピロンPL-1のめっき

ユーピロンPL-1の標準めっき工程は図2に示す如くである。つまり, 有機溶剤を主成分とするブリエッチング液に所定の条件下で浸せきすると, 膨潤を伴いながら微細クラックが発生する。次に, エッチング工程で膨潤された部分が溶出され, これがアンカー効果を与える。ただ, ブリエッチング工程における微細クラックの発生は衝撃強度の低下をもたらす。このため, PL-1はPCの強度や耐熱性を低下せしめない程度において, エ

*三菱瓦斯化学(株)樹脂応用研究センター
(〒561 大阪府豊中市神州町2-12, ☎06-333-3121)

*Mitsubishi Gas Chemical Co., Inc.
(2-12, Kamisu-cho, Toyonaka -shi, Osaka 561)

図1 PCめっき原理

図2 ユーピロンPL-1の標準めっき工程

ラストマー成分をブレンドし、クラック先端の応力分散により、衝撃強度が低下することを防止している。

写真1は同めっき品の樹脂分を溶解除去し、樹脂接触側を撮影したものである。写真より、PL-1のめっき原理と衝撃改良のポイントが理解でき

写真1 めっき面を樹脂側から撮影した写真
(樹脂を溶剤で溶解除去した後、走査電顕で撮影した)
試料 ユーピロンPL-1 倍率×3500

よう。
めっき工程としてはABSめっきラインを利用できる。すなわち、ABSめっきラインにプリエッチング、硫酸処理、中和活性化の3工程を加えれば可能である。特に、これら3工程はめっき品質に大きな影響を与えるので重要である。プリエッチング液としては、ユーピロンPL-1用には荏原ユーザイト社のエニレックスPE-200がある。

図3 プリエッチング浴濃度と密着力の関係

図4 プリエッチング時間と密着力の関係

図5 室内放置日数と密着力

図6 アニール時間と密着力 (温度80℃)

[注意：アニールはめっき後]

また、プリエッチング液の濃度管理は重要であり、ガスクロマトグラフィーを用いて精度の高い管理を行う方法が推しよされる。プリエッチング条件と密着強度の関係を図3、4に示す。

適性な条件でめっきされれば、めっき膜の密着力は1.5～2.5kg/cmのものが得られる。ただ、密着力はめっき後時間とともに向上する傾向があるので(図5)、めっき後短時間で密着力を高めるには、ドライオープン中にて80℃-60分または温水中80℃-30分のアニール処理をするとよい。図6に80℃アニール処理と密着力の関係を示す。

2. 2 ユーピロンPL-2のめっき

PL-2はABS系樹脂とのアロイグレードであり、めっき原理はABSの考え方に準ずる。めっき

工程は図7に示す如くであり、ABSめっきラインをそのまま利用できる。

3. めっき品の物性

PCめっき品(ユーピロン使用)の一般物性を表1に示す。表からわかるようにめっき品の性質でみるとユーピロンPL-1は標準グレードS-2000に比較してアイゾット衝撃強度は大幅に向上しており、他の性質はほぼ同等である。また、PL-2は標準グレードに比較して耐熱性はかなり低下するものの、アイゾット衝撃強度はかなり高い値を保持していることが注目される。

めっき厚みと曲げ強度、曲げ弾性率の関係は図

図7 ユーピロンPL-2の標準めっき工程

8, 9の如くであり、膜厚が厚くなると高い値を示すようになる。また、図10は銅めっきの厚みを
変えて、曲げ疲労強度を調べた結果である。め
っき膜厚が厚くなるとともに、疲労強度は向上して
いる。

曲げ強度の温度特性は図11に示す如くであり、
めっき処理することによってかなり向上する。ま
た、線膨張係数も図12に示すように、めっき処理
することによって小さくなる傾向がある。

次に、実用成形品のモデルを用い、PCめっき
の性能を評価した結果について紹介する。

自動車のドアアウターハンドルのモデル金型
を用いて成形したサンプルについてめっき処理を
行った。

使用グレード：ユーピロンPL-1

めっき膜厚：35~50μm

密着強度：1.5~2.1kg/cm

このような製品について性能評価を行った結果

表1 めっき品の物性値の比較

項 目	測 定 法 (ASTM)	単 位	ユーピロン PL-1		ユーピロン PL-2		ユーピロン S-2000	
			素 材	めっき品	素 材	めっき品	素 材	めっき品
比 重	D-792	—	1.19	—	1.14	—	1.20	—
密着力(1cm幅)	ピーリング	kg/cm	—	1.5~2.5	—	1.~2.	—	1.5~2.5
引張強度	D-638	kg/cm ²	650	690	480	510	600	675
引張伸び	"	%	125	8	120	40	110	6
曲げ強度	D-790	kg/cm ²	850	1100	650	740	900	1150
曲げ弾性率	"	"	23000	65000	17000	49000	21500	34000
アイゾット衝撃強度 (ノッチ付1/8")	D-256	kg・cm/cm	83	68	49	45	84	10
熱変形温度 (18.6 kg/cm ²)	D-468	℃	125	165	110	132	135	155
線膨張係数	D-696	×10 ⁻⁵ ℃ ⁻¹	7.5	4	9	5	6.5	3.5
成形収縮率	—	%	0.6	—	0.6	—	0.6	—
ヒートサイクル	3サイクル	80℃	—	○	—	○	—	○
		100"	—	○	—	○	—	○
		120"	—	○	—	×	—	○
		130"	—	○	—	×	—	×
		140"	—	×	—	×	—	×
燃焼性(1/16"厚)	UL-94	—	V-2	—	HB相当	—	V-2	—

注1) 表の値は弊社での測定値
注2) めっき膜厚Cu→Ni→Cr トータルで20~30μm
注3) 高温1時間→室温30分→-30℃1時間→室温30分を1サイクルとしてクラックと
フクレを観察

図8 ユーピロンめっき品の曲げ強度
めっき膜厚の影響

図9 ユーピロンめっき品の曲げ弾性率
めっき膜厚の影響

図10 ユーピロンPL-1めっき品の曲げ疲労特性

図11 曲げ強度の温度特性

図12 めっき品の線膨張率

を表2に示す。この結果からドアハンドルの要求性能に充分耐えることがわかる。また、静的破壊や落球衝撃ではいずれも延性破壊状態を示しており、優れた強度性能を示す。写真2、3は静荷重を加えて破壊する状態と延性破壊の状態を示したものである。

4. 設計、成形上の注意点

PCめっき成形品に対するデザイン上の注意点は、他のエンブラめっきの場合とほぼ同様に考えればよい。考え方としては、(1)めっきすると外観上の欠陥（ヒケ、ウェルド、フローマーク）はより強調されるので、設計段階での配慮が必要であ

ること、(2)めっき膜が均一になる様、形状的にソヤーブコーナーを避け、急激な凹凸がないことなどである。表3に設計上の留意点をあげた。また、

写真2 ユーピロンPL-1製ドアハンドルの破壊試験状況

表2 ユーピロンPL-1製ドアアウターハンドルめっき品の性質

測定項目		性能	備考
ヒートサイクル	110℃	5サイクル 異常なし	高温1時間→室温30分 →-30℃1時間→ 室温30分 を1サイクルとする。
	120℃	5サイクル 異常なし	
	130℃	4サイクルでふくれ	
静的破壊強度		395kg	注(1)
疲労強度		10kg×6万回異常なし	注(2)
落球衝撃強度		3.7kg・m	注(3)
キャスト試験		10サイクル 異常なし	膜厚 Cu 25μm, Ni 20μm, Cr 0.2μm

注(1) 静的破壊強度

荷重(W)をかけ、降伏又は破壊時の最大荷重を測定値とした。

測定機
島津製作所製
オートグラフ
DS-5000型
押込速度 20mm/min

注(2) 疲労強度

一定の周期で定荷重をかけ、破壊までの負荷回数を測定し、疲労強度とした。

周期 30回/分
負荷治具 幅40～50mm

注(3) 落球衝撃強度

ぜい性破壊率50%時の荷重(1kg又は2kg)×高さ(m)を落球衝撃強度とした。

衝撃強度 W(kg) × H(m)
鋼球 r ≒ 32mm (W = 1042g)

写真3 ユーピロンPL-1 製ドアハンドルの破壊状態

ポリアセタール、ナイロン、PBTなどのめっきグレードに比較すると、充填材が入ってないこと、非結晶性樹脂であることなどの理由で、ブツ、ヒケなどは少なく、ABSと同様表面状態のきれいな成形品が得られる。一方、PCの成形で特に注意すべき点は離型と残留歪の問題である。PCは成形収縮率が小さく、かつ金型との密着もよいので、成形時の離型性は良くない。めっき用の成形では、離型剤の使用は密着力の低下をまねく。従って、

製品設計上充分なる抜きテーパを取る必要がある。離型が悪いと成形サイクルが長くなるばかりでなく、残留歪やクラックなどの不良を誘発する。めっき用の成形品では大きな残留歪が残っていると、プリエッチング工程でクラックが発生することがある。設計上では肉厚分布やインサート部などに注意しなければならない。特に、インサートはめっき工程上からも好ましくないの、めっき処理後に後インサートすることが推しよされる（超音波インサート、高周波インサート、熱圧入などあり）。また、成形上では金型温度や保圧を適切に設定することが重要である。

次に、ユーピロンPL-1とPL-2の成形条件について述べる。

ユーピロンPL-1の成形

1) 予備乾燥

120℃で4～20時間が適当である。予備乾燥を怠ると加水分解を起こし、成形品に銀条が発生したり、強度低下をまねく。長時間予備乾燥するとペレットが若干黄変することがあるが、

表3 デザイン・設計上の留意点

項 目	留 意 点	不適正の場合のめっき品の不良現象
(1) 肉 厚	① 1 mm (好ましくは1.5 mm) ~ 4 mm ② 極端な偏肉を避ける。 (徐々に変化させる)	・剛性不足によるそり(薄肉) ・密着不良, ふくれ ・外観不良
(2) コーナーのR (内外共)	1 mm R (好ましくは1.5 mm R) 以上。	・応力集中による割れ ・こげ
(3) リブ・ボス	リブの厚み 及びボスの径は出来るだけ小さくする。	・ひけ(強調されて出る)
(4) 抜 き 勾 配	1 ~ 2° 以上	・離型時の残留応力による割れ, 外観不良。
(5) ゲ ー ト	① 出来るだけ大きくする。 ② ファンゲート又はタブゲートが好結果。 ③ 仕上げをきれいにする。	・密着不良, ふくれ ・くもり, ジェットティング ・外観不良
(6) ウ ェ ル ド	支障のない位置にくるようゲート位置を選ぶ。	・外観不良(強調されて出る)
(7) 平 面 部	中央部を僅かに高くする。	・めっき厚の不均一(周囲が厚く着く)

めっき性や物性にはほとんど影響しない。

2) 樹脂温度

270℃～ 300℃がよい。一般に高めの方が密着力は良いが、高過ぎると樹脂の分解をまねく。

3) 金型温度

80℃～ 110℃が一般的である。金型温度は密着強度にはあまり影響しないが、低過ぎると残留歪が大きくなるので注意すべきである。

4) 射出速度

射出速度が速いと、ゲート部のジェットフロー、コーナ部のフローマーク、ガス逃げの悪い金型ではガスによる表面くもり（粗れ）などの外観不良をまねく。射出速度はできるだけ遅い方がよい。但し、あまり遅すぎるとチリメン状のシワが発生するので注意しなければならない。

5) 保圧

保圧はヒケ（低保圧側）と残留歪（高保圧側）を考慮し、適当な条件をみつけなければならない。

次に、PL-2についても、成形上の考え方はPL-1と同様である。代表的な成形条件は以下の通りである。

予備乾燥： 110℃～ 120℃で3～5時間

樹脂温度： 230℃～ 270℃

（ 270℃以下厳守）

金型温度： 60～90℃

その他：PL-1の条件に準ずる。

5. 応 用

PCめっきの特長は、(1)耐衝撃性が優れている。
(2)表面光沢がZnダイカスト品なみに優れている。

(3)各々の用途に適しためっきグレードが用意されており、機能的なめっき品（透明部分めっき）もできる、などである。

当初Znダイカストの代替やABSめっきに対し耐熱性や強度不足の用途を中心に開発を進めてきたが、最近では高機能用途へも使用されるようになった。表4に代表的な用途例を示す。使用されるグレードは、PL-1は高強度、高耐熱用途に、PL-2はコスト重視で、ABSめっきでは、強度、耐熱性が不足する用途に、標準グレードは透明性、耐熱性、寸法精度などの特長を活かし、透明部分めっきやEMIシールドなどの用途に使用されている。以下、PCめっきの使い方について2、3の事例を紹介しよう。

自動車のドアアウターハンドルは従来Znダイカストが使用されていたが、PCめっき品へ置き換えられつつある。この用途ではブラック色のハンドルにはすでにPCが使用されているので、共通の金型を用いてPCめっき用成形品を得ることができる点にメリットがある。ポリアセタールやナイロンではめっき用にはそれなりの金型設計や成形条件の設定を要するようであるが、PCの場合はそのようなことはない。

水道蛇口のコックにPCめっき品が使用されている。これはPCめっき品をインサートして、外側からアクリルで2重成形したものであり、アクリルを射出成形する際の温度と圧力に耐えなければならない。また、コックとして、回転トルクに耐える強度も必要である。

カーステレオの銘板には透明PCの部分めっき品が使用されている。これは透明な成形品に予め表示部分だけに透明なマスキング印刷をした後

表4 PCめっき品の用途

自動車関係	ドアアウターハンドル、インナーハンドル、ヘッドライト反射鏡およびハウジング、ミラーおよびミラーフレーム、オーナメント、ホイールキャップ、テールランプのハウジング、フォグランプのハウジング、カーステレオの銘板
電気・電子機器関係	テレビ、オーディオのツマミ類、各種電磁シールド部品、ラジカセ把手
精密機器関係	腕時計のフレーム、カメラ部品
その他	ガス器具のツマミ、水道の蛇口、ボタン装飾品

にめっきすることによって部分的に透明なめっき成形品が得られる。従来は2重成形、後溶着、ハメ込みなどによっていたものであるが、部分めっき法の採用によって生産工程が大幅に簡素化された。

6. むすび

以上湿式めっきについて述べてきたが、他に乾式めっきも広く応用されている。真空蒸着、スパッタリングなどは湿式めっきとは異なり、ミラー類、反射板、しゃ光板などの機能用途に使用されている。

湿式めっき、乾式めっき共に、PCの機能性賦与に大きく寄与する技術であり、今後さらに応用範囲の多様化が期待される。

業 界 ニュース

フッ素樹脂鋼板パネル ホーローパネルを急追

フッ素樹脂塗装鋼板パネルの需要が好調で急成長しており、ホーローパネルを急追している。

フッ素樹脂パネルの60年度市場規模は21万3千㎡で前年比63%と急増、61年度も好調で前年比64%増の35万㎡が見込まれている。

一方、競合先発商品であるホーローパネルの市場規模は60年度46万4千㎡で前年比21%増であったが、61年度の見込は52万5千㎡で

前年比13%増にとどまっている。このため関係者の間ではここ2～3年の間にフッ素樹脂塗装パネルはホーローパネルを上回るものと予測されている。

フッ素樹脂塗装パネルのうち75%～80%が屋根材で、他にスパンドレルや外装パネルに向けられているが、加工性、耐久性、耐候性、優れた色調、高品質感などが喜ばれて、ビル、学校、病院、店舗など広範囲に需要を伸ばしている。

色調はホワイトを中心にアイボリーに人気があるが、最近はメタリックの需要も増えてきている。

(61.10.8 サッシ通信)

国内アルミ精錬ほぼ消滅

三菱化成工業はこのほど子会社の菱化軽金属工業坂出工場(香川県)のアルミ精錬を来春停止し、アルミ事業から撤退する方針を明らかにした。

電力料金が高いことなどのため国際競争力を失い、日本のアルミ精錬は構造的不況に陥入り、今年に入って昭和軽金属と住友アルミニウム精錬が操業を中止し、三井アルミニウム工業も来年3月に撤退の方針を決めていることから、低コストの水力発電所を持つ日本軽金属蒲原工場(静岡県)が残るだけとなり、日本のアルミ精錬事業の整理は実質上完了することになる。なお三菱化成工業のアルミ事業は昭和38年のスタート以来累積赤字約1千億円に及ぶという。

国内のアルミ精錬能力は53年には164万tあったが、昨年度は国内のアルミ地金需要182万tのうち21万tをまかなうにすぎない水準となり、来年夏以降は日軽金蒲原工場の4万8千tだけが残る、日本のアルミ精錬事業はばく大な赤字を残して事実上消滅することになった。

(61.10.31 朝日)