特集／プラスチックのドライ・プレーティング ベースコートとトップコート (I)

— 熱硬化タイプ —

Base — and Top — Coat (I)

— Thermoset Type —

高 橋 茂*

Shigeru Takahashi

乾式めっきのベースコート、トップコートについて、熱硬化タイプを中心とし使用理由、使用されている現状について記す。さらに今後どのような展開が考えられ応用されるかについて解説する。

1. はじめに

乾式めっきと表現した場合、現在は、真空中で処理する真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法等が中心になっている。

いずれの方法においても、プラスチック素材の内部より出るガスを押えることや、光輝性を上げるために表面を平滑にすること等の前処理や、めっき金属層の保護のための後処理が、欠かせない工程となっている。

その前処理として最近では、素材にベースコートを塗布する方法が、最も一般的で手軽な方法として流布している。

さらに、めっき後において、非常に薄い乾式めっき金属層を保護するため、トップコートが行われている。乾式めっき品の物性は、主にこのトップコートの持つ性質に拠る所が大きい。

以上の様に乾式めっきは、表面処理剤（塗料）と切っても切れない関係になっている。乾式めっきの構成図（図1）を図示し、ベースコート、トップコートに分けて更に詳しく記述する。

2. ベースコート

2-1. 乾式めっきをする時に「なぜベースコートが必要か？」

代表的な理由を2つ挙げ考察してみる。

(イ) 光輝性

プラスチック素材に直接乾式めっきした場合、金属の光輝性が全くでず、あたかもメタリック塗料を塗装した様な外観に仕上がってしまう。これは、プラスチックが成形されたままの状態では、どんなに金型を研いでも表面粗さは 0.5μ 以上あり、乾式めっきの金属膜厚は最大でも 0.2μ 以下であるため、金属めっき膜が不連続、あるいは乱反射の強いものとなるためである。

乾式めっき用に調整されたベースコートを用いると、表面の粗さが約 0.1μ 以下になり、乾式めっきの金属層はスムーズな連続膜として形成され、見た目にも金属膜となる。

図2に光輝性の構造について図示する。

(ロ) 付着性

プラスチックに直接金属を乾式めっきした時、

*藤倉化成(株) 化成品技術部
〒174 板橋区蓮根3-25-3
☎ 03-966-5141

Fujikura Kasei Co., Ltd. EVM Group
25-3, Hasune, 3-chome, Itabashi-ku, 174

図1 乾式めっき構成図

図2 乾式めっき構造図

ほとんどの場合、2次的付着性が良くない。この理由は、以下のメカニズムによるのではないかと推察されている。

プラスチックは、もともと水分の含有率が多い（0.5～2%）うえに、図3に示す様に乾式めっき時の素材の表面温度上昇によって、プラスチック表面より多量の水分等が出る。

この状態の中を金属が飛行すると当然、めっき金属の1部は放出ガスと反応して酸化物その他に変化し、この酸化物が金属と共にプラスチックの表面に析出する。この膜は機械的性質が大幅に劣化し、特に金属特有の靱性を欠くことになる。この様な乾式めっき物を耐水試験、熱サイクル試験を行なうと、き裂がおこり付着性不良になる。

この様な付着性不良を、改良するため考え出されたのがベースコート塗装することである。熱硬化性のベースコートを塗布すると、素材の水分、有機ガス、ブリードアウトする低分子物などの放出が押えられる。

注意すべき点は、ベースコート中に高沸点の溶剤、モノマー、外部可塑剤等が入っているとプラスチック素材と同様にアウトガスの原因になり逆効果になることである。強い付着性を得るためには、

図3 ABS樹脂の加熱による放出ガス量の変化の一例
プラスチック工業技術研究会講演集
日本真空技術協会河野氏より

金属、素材に合ったベースコートを選択し、なるだけアウトガスを少なくしなければならない。

2-2. 「なぜベースコートは、熱硬化性樹脂が良いか？」について検討してみる。

乾式めっき品に熱がかかると、ベースコートと素材は、プラスチックであるがためより安定な方向に移動する。金属をつけたベースコートが少しでも動くと、ニジ、白化現象として表われる。

よってベースコートは、移動に対して安定な3次元構造の架橋タイプ（熱硬化）がすぐれることになる。またベースコートは、前記した様にアウトガスが少ない方が皮膜の物性がよいため、焼付工程で素材の脱ガスも兼ねる熱による焼付けタイプが一般的である。

常温硬化タイプ、紫外線硬化タイプ、EB硬化タイプ等のベースコートも、やはり真空槽に入れる前に加温して素材を含めて乾燥した方がよい。

軟式めっきにしばし使用される熱硬化のベースコートの種類と硬化の機構の概要を下記に示した。

<油性塗料>

熱重合機構

酸化重合機構

<メラミンアルキッド塗料>

<ウレタン塗料>

2-3. ベースコートの選択

プラスチック素材の種類により、使用可能なベースコートは変わってくる。また用途によっても使い分けなければならない。表1に使用可能ベースコートについて記す。

2-4. ベースコートの特性

表2に乾式めっきベースコートにおける塗料別比較をUV硬化型塗料を含めて行なう。

真空蒸着、スパッタリング、イオンプレーティング、いずれの方法で乾式めっきしても、どんな金属を付けるかによってベースコートが変わってくる。どのベースコートを用いるかは、金属の種類によって決定され、乾式めっき法、装置等によっては決定されない。

図4にベースコートの硬度(剛性)と乾式めっき金属の関係を横軸に、物性との関係を縦軸にそれぞれ概念的に図示した。

ベースコースとして具備すべき条件を、次頁に

表1 ベ ー ス コ ー ト

	真 空 蒸 着 法	ス パ ッ タ 法	イオンプレーティング法
スチロール樹脂	油 性 塗 料		
A S 樹脂	油 性 塗 料		
ABS 樹脂	油 性 塗 料 メラミンアルキッド塗料 ウレタン塗料 U V 塗 料	ウレタン塗料 U V 塗 料	ウレタン塗料 U V 塗 料
ポリカーボネート樹脂	メラミンアルキッド塗料 U V 塗 料	メラミンアルキッド塗料 U V 塗 料	
ナイロン樹脂	メラミンアルキッド塗料	ウレタン塗料	
PBT樹脂 PET樹脂	ウレタン塗料 メラミン塗料	ウレタン塗料 メラミン塗料	
アクリル樹脂	油 性 塗 料 メラミンアルキッド塗料		
ポリエステルエラストマー, TPU	ウレタン塗料	ウレタン塗料	
P P 樹脂	メラミンアルキッド塗料		

表2 乾 式 め っ き 塗 料 別 比 較

	一 液 型 塗 料	2 液 型 塗 料	U V 硬化型塗料
液 外 観	黄 褐 色	透 明	微 褐 色
不 揮 発 分	～ 50 % まで	～ 70 % まで	～ 100 % まで
可 使 時 間	1 週 間	8 時 間	1 週 間
硬 化 エ ネ ル ギ ー	熱	熱	光
硬 化 時 間	60 分	90 分	5 分 (含前乾燥)
素 材 形 状	形状を問わず	形状を問わず	平 面 向 き。
ア ウ ト ガ ス	小	小	大
製 品 物 性 安 定 性	中 安 定	安 定	不 安 定
ゴ ミ 対 策	従 来 程 度	従 来 程 度	特 に 必 要
異 形 め っ き (ヘヤーライン ツ ャ 消)	で き る	で き る	困 難
安 全 性	比 較 的 安 全	比 較 的 安 全	ラジカルな樹脂に注意
塗 料 コ ス ト	安 価	比 較 的 安 価	比 較 的 高 価

列記した。

- (1) 素材に良く付着すること。
- (2) 乾式めっき金属が良く付着すること。
- (3) 光沢があり塗膜が密であること。
- (4) 溶剤、モノマー、低分子物等が残留しないこと。
- (5) 乾燥時間内に、反応が完結すること。
- (6) 素材に付いた油、ゴミ等を良くベースコート内に吸収しブリードさせないこと。

3. トップコート

3-1. なぜトップコートが必要か？

湿式めっきでは、金属皮膜が厚いために、付着した膜そのもので所定の機能を持たせている。乾式めっきでは、金属の膜厚は 0.1μ 以下と極めて薄いために、この膜だけでは所定の機能を持たせることは不可能である。

このように、乾式めっき膜厚が薄いのは、めっきに時間がかかりすぎると言う経済的な理由や、金属を厚く付けると母材の温度の上昇によって皮膜に白化やクラックが発生したり、母材が変形するなどの理由のためである。

このため、乾式めっきではコーティング剤（トップコート）によって物性を補完している。膜厚は、金属層が $500\text{\AA} \sim 1000\text{\AA}$ 程度であるのに対し、トップコートは $5\mu \sim 30\mu$ 程度ある。

金属は諸物性の中の金属外観と付着性を担当し、トップコートが耐食性、耐摩耗性、耐薬品性等を担当する。トップコートの使用法は、使用される金属や、作られるパーツの要求性能、乾式めっき方法によりそれぞれ使い分けられる。

3-2. 物 性

乾式めっきの物性は、使用されるトップコートによって左右される。そして、使えるトップコートは、乾式めっき金属がいかにかベースコートに食い付いているかによって決まると言っても良い。

例えば、アルミの真空蒸着では、アルミの素材への食い付きが弱いために使用できるトップコートは、ラッカータイプから2液タイプでも架橋密度の小さいものに限定される。

スパッタリング、イオンプレーティングにおい

図4 金属とベースコート

では、金属がベースコートによく食い付いているため、トップコートは2液タイプを中心にもってくることができる。

4. 乾式めっき—現在の実力—

4-1. 乾式めっき状況

表3に各業界における乾式めっき状況を記す。表4に乾式めっき部品の物性について記す。

4-2. 素 材

素材的には、湿式めっきより広い範囲に適応が可能になって来た。アウトガスの多い木材、紙、軟質塩ビ、発泡物などは別として、最近可能になった素材に、PP樹脂、エンジニアリングプラスチック、ポリエステルエラストマー、TPV等がある。

これら新しい素材は、主に自動車の軽量化、コストダウンのために開発されて来たものであるが、いずれもアンダーコート材の開発によって乾式めっきは可能になったのである。

PP樹脂においては、主に樹脂自体のコストダウンとして、エンジニアリングプラスチックにおいては金属ダイキャスト等の代替として、軟質素材は新しい機能性素材として利用され、光物となっている。

4-3. デザイン

従来、めっき処理として出来なかったり、出来にくかった着色、艶消し、ヘヤーライン、部分めっき等が簡単に作れる様になった。また1つの部

品に艶消し、着色、ヘヤーラインなどが一度に組み込めるなど多彩な展開が可能になった。

乾式めっきにおいては、ただ光らせるだけと言う処理より、種々組み合せてより高い付加価値の製品へと移行している傾向がある。

湿式めっきと区別しなければならない所は、乾式めっきは塗装が主体になるため、広い面積、仕上がりの均一なもの等が作りにくい点である。

4-4. 物 性

乾式めっきは、有機物（塗料）で金属をサンドイッチすることにより物性を持たせる系である。したがって、湿式めっき等に比較して無機的な物性はない。どの様に使用すれば、乾式めっきの良さが引き出せるかを考えて使う事が大切である。

例えば防錆について言えば、スパッタでCr合金を使用した場合、湿式めっきより強い船舶関係、衛生器具関係には優位である。その他軽量、安全等々数々優位点はあるが、しかし、あらゆる所に使用できるとは言えず、使用部位を充分吟味

して使用する事が大切である。

4-5. その他

塗料を光り物に使用するためゴミ対策は、事前に充分行なわなければならない。塗料を吹付ける時、多量の空気を使用するため、ゴミ等が、未硬化の塗料表面に付く確率は非常に高い。また、小さなゴミでもトップコートのレンズ効果でより大きく見え、まさに目立つために不良として扱われやすい。

現在の所、乾式めっき用の塗料は、溶剤タイプが多いために飛散溶剤、塗料ミストの問題は除き得ない。しかし、将来はディッピング、フローコーター方式を使用することにより、問題点を減らす方法とか、パウダーコーティング、100%ソリッド塗料等の使用により、改良されることが望まれる。

最近、乾式めっきの弱点であった耐擦傷性が、ハードコートにトップコートに持って来ることにより解決された。現在、乾式めっきのトップコ

表3 業 界 乾 式 め っ き 状 況

	ベースコート	金 属	トップコート	オーバレ等	乾式めっき法
自動車 ラジエターグリル ランプベゼル ガーニッシュ エンブレム 内 装 品 ランプ関係	ウレタン ウレタン メラミンアルキッド	Cr 合金 Al 等	ウレタン アクリルラッカー ウレタン	ウレタン アクリルラッカー	スパッタ 蒸 着
化粧品 キャップ 容 器 銘 板	メラミンアルキッド	Al	ラッカー	ハードコート	蒸 着 イオンプレーティング
弱 電 ツマミ、取手 スピーカーグリル ガードマーク 銘 板 リフレクター シールド 回 路 電 極 テープ ビデオデスク	ウレタン メラミンアルキッド 油 性 ウレタン 直 接	Cr 合金 Al 機能金属	ウレタン ラッカー なし		スパッタ 蒸 着 スパッタ イオンプレーティング
雑 貨 おもちゃ	油 性	Al	なし ラッカー		蒸 着

ートとして、使用し得る範囲にあるハードコートとしては、シラン系塗料、UV硬化型塗料、EB硬化型塗料等があるが、量産向な系としてはUV硬化型塗料である。

しかし、スチールウールで摩擦しても傷が付かない程度のハードコートが望まれる場合、乾式めっき自体、金属とベースコートとの付着力が充分でないため、ハードコートの凝縮力に付いてゆけず金属とベースコートの間ではく離してしまう。

この状態を改良するため、中塗りが使われてい

る。しかし2コートになるため、従来の乾式めっきより少し高価格になる、この点の改良が望まれる所である。

6. 将来の展望

乾式めっきの使用部位は、機能部品より装飾部品の方が圧倒的に多い。そしてデザインの方向（ファッション）により、種々の外観に作り変えられる運命にある。

表 4 乾 式 め っ き の 物 性

		玩 具	扇 風 機 ガードマーク	化 粧 品 キャップ	自 動 車 グリル	（湿式めっき 自動車 グリル）
素 材		スチロール	ABS	AS	ABS	ABS
ベースコート		油性塗料	メラミン アルキッド塗料	メラミン アルキッド塗料	ウレタン塗料	
金 属 等		アルミ	アルミ	アルミ	Cr合金	
トップコート		な し	アクリル塗料	アクリル塗料	ウレタン	
そ の 他				ハードコート		
外 観	目 視	OK, アルバ色	└─	└─	OK, アルミ色	└─
付 着 性	テープテスト	OK	└─	└─	└─	└─
耐 温 水 性	40℃温水浸せき	5H NG	168H OK	└─	1000H OK	└─
耐 湿 性	49℃×98%RH		72H OK	└─	400H OK	└─
耐塩水噴霧性	35℃×5%NaClaq霧		72H OK	└─	400H OK	└─
CASS	49℃×5%NaCl×その他				400H OK	24H NG
寒暖繰返し性	80℃×8H×-30℃×4H ×耐湿 12H				10サイクル OK	└─
耐 熱 性	80℃×100H		OK	OK	OK	OK
耐 酸 性	1/10NH ₂ SO ₄ aqdip		24H OK	24H OK	24H OK	└─
耐アルカリ性	1/10N NaOH aqdip		12H OK	12H OK	24H OK	└─
促進耐候性	S-W-O-M		100H OK	100H OK	2000H OK	1000H OK
硬 度	鉛 筆		HB	スチールウール OK	H	4H
反 射 率	積分反射率	92%	80%		67%	

例を挙げれば、最近自動車産業において、従来湿式めっき、スパッタされていたラジエターグリル、バンパーなどが漆調の黒とか、カラードバンパーに急激に置き換っている。たとえば、これ等のパーツは、絵画の額縁の役目であるから金色額、銀色額など、どちらにでも変更できるものである。

この様にめっきの使用部位は装飾的色合いが強いため、最近の世相の様に、趣味の多様化が進んだ時代は、増々、湿式めっきの外観、物性が合った所は湿式めっき、乾式めっきに合った所には

乾式めっき、ホットスタンプ樹脂で良い所にはそれ等だけでと、細分化された使われ方をされるようになるだろう。

決して、湿式めっきが乾式めっきに置換されるとか、ホットスタンプに変わるとか言う単純な見かたは出来ないと思われる。

表5に、光物がどの様に変化するであろうかについて独断と偏見を容赦願って表示した。

表8 光物の今後（樹脂分野）

製 造 方 法	現在の使用量	物性面での 総 合 点	今後の伸び	価 格	使 用 部 位
湿 式 め っ き	大	90	↘ 減 少	高 価	要求物性の高い所 めっき面の広い所
イオンプレーティング	極めて小	82	→ 小 増	高 価	付着性が要求され、素材に直接 処理する分野 (時計、容器、フィルム)
ス パ ッ タ リ ン グ	中	80	↗ 大 増	中 価	合金を使う所 (磁気シールド、テープ、 透明電極、回路、電波シー ルド)
真 空 蒸 着	大	65	→ 小 増	低 価	反射率の必要な所 (反 射 鏡 化粧品分野 フィルム)
ホ ッ ト ス タ ン プ	大	60	↗ 中 増	低 価	低物性でも良い所 価格的にきつい所 大量処理
シルバーリダクション	極めて小	40	→ 極 増	高 価	高価でも光らしたい 木・紙(少量でも良い) (使い捨て容器 電波シールド)