

「樹脂めっき」による自動車内外装について

川上 陽介 塚田理研工業（株）

1 はじめに

当社、塚田理研工業株式会社は1963年の創業以来、めっき技術を用いてプラスチックに付加価値を与え続けている表面処理加工メーカーである。創業から60年を迎える現在、プラスチックめっきとプリント配線板へのNi-Auめっき、このふたつを柱として事業を行っており、技術主導型企業として新しいめっき加工技術の研究開発にも取り組んでいる。

現在、56色におよぶめっきカラーバリエーションを持ち、さらに部分的な塗装・めっき、ヘアラインやシボ仕上げ、レーザーなどを用いためっき+ α の加工も行っている。めっき前の樹脂成形品についても、美観向上のためのPL処理や、組付け性・静音性のためのマスキングも行っており、特に高級車において採用されている。

近年、当社は環境負荷の低い表面処理技術の開発に注力をしている。これは環境問題に対する国際的な世論の高まり、そして主要取引先である自動車産業の動向が理由である。

2021年5月、国際エネルギー機関（IEA）は2050年に二酸化炭素ネット排出量ゼロを実現するためのロードマップを発表した。自動車関連の目標値を見ると、2030年に自動車の新車は電気自動車（EV）・燃料電池車（FCV）比率60%を達成、そして2035年には世界の新車販売でEV・FCV比率100%を目標としている。この発表を受け、海外の一部自動車メーカーではガソリン車の廃止、EVへの切り替えを目標としている。

日本の自動車メーカーにおいても同様の動きが見られ、EV化を始め製造プロセスにおいても環境問題への取り組みが進められている。表面処理（めっき・塗装）も例外でなく、当社でも自動車の機能を損なわず、環境

負荷を低減するめっき加工技術の開発を行っている。

本稿では、自動車におけるプラスチックめっきの現状や、当社が開発した低環境負荷のめっき工法について紹介したい。

2 自動車産業におけるプラスチックめっきの現状について

主題に入る前に自動車産業におけるプラスチックめっきの現状について紹介させて頂きたい。

めっきとは、表面処理のひとつで素材を金属の皮膜で覆う事である。自動車に多く採用されている製品に美観を与える装飾目的のほか、電気を流す回路やノイズ低減のための電磁波シールド、製品の強度向上など様々な機能の付与を目的に行われている。

かつて自動車の装飾部品には金属が使われていたが、プラスチックおよびプラスチックめっき技術の開発により、めっきや塗装を施したプラスチックへと置き替えられてきた。この金属代替によって、コストダウン、デザイン性の向上、軽量化による燃費向上といったメリットを生みだした。近年の自動車産業ではハイブリット車（HV）への切り替えやEVの検討が進んでおり、より一層の燃費・電費改善を目的とした軽量化のため、自動車内部で使われているECUケース、インバーターケースなどの機能部品の素材を金属からプラスチックへと置き替える検討が進んでいる。

上記メリットに加え、めっき技術はプラスチックに金属機能を付与できることから、電子機器や航空機、医療機器など幅広い分野でニーズが高まっている。その機能は、電導性、耐摩耗性、抗菌、帯電の抑制などが挙げられるが、現在自動車分野で注目を集めているのが電磁波シールドめっきである。

近年、自動車には電動化に伴い様々な電子部品や電子システムが導入されている。これらの電子機器がモーターやインバーターなどの部品から発生する電磁波ノイズの影響を受け動作の不具合を引き起こす可能性があるため、電磁波ノイズに対する対策が求められている。特に自動運転の実用化のためには電磁波ノイズの対策は最重要課題といえ、電磁波ノイズ対策としてアルミダイキャストや鋼板が用いられている。

しかし、金属からの置き替えが進むプラスチックには導電性がないため、電磁波を遮蔽することはできない。この電磁波ノイズ問題に対し、当社は電磁波シールドめっきを提案している。めっきの金属を選択することにより、電界・磁界および周波数に応じたシールド効果を得ることができ、更にめっきを厚くすることで放熱も期待できる。

この電磁波シールドめっきによって、金属製のケースやフレームをプラスチック製へと置き替えることが可能になり、目的の機能を損なわずにコスト削減、軽量化が図れるため、EV化が進む自動車産業はもちろん、5Gを始めとする通信分野、医療機器分野など用途が拡大している。

また、当社ではPA、PBT、PPSといった自動車によく用いられるエンブラ・スーパーエンブラへのめっきも可能なため、プラスチックめっき技術は今後様々な分野や用途で活用されることを見込んでいる。

【エンブラ・スーパーエンブラへのめっきについて】

一般的にエンブラ・スーパーエンブラは難めっき材であり、対応可能なめっき業者は限定されるため、依頼先に対応可能かを確認する事を推奨する。また、めっきに適しためっきグレードを選定する必要があるため、ぜひ事前に相談頂けると幸いである。

3 プラスチックめっきと六価クロム

近年、プラスチックめっき工程で使用する六価クロムが環境問題のひとつとして指摘されている。六価クロムは人体や環境への高い有害性からEUを中心に規制の対象となっており、日本国内でも、水質汚濁防止法、

RoHS指令、作業環境評価基準等で厳しく規制されており、使用時には厳重な注意が必要な物質である。

前処理	
1. 脱脂	表面の汚れを取り除く。
2. エッチング	表面を荒らし、めっき皮膜を密着させる。
3. 中和	エッチング由来の六価クロムを無害化する。
4. 触媒付与	表面に触媒を付与する。
5. 活性化	触媒を活性化する。
6. 無電解めっき	表面に化学的に金属を成膜し導電化することで、以降の電解めっきを可能とする。
後処理	
7. 電解めっき	電気力で速く厚くきれいなめっきを成膜する。

図1 プラスチックめっきの工程

プラスチックめっきの前処理では表面を荒らしてめっき皮膜を密着させるためのエッチングが行われ、必須の工程である。また、最表層にクロムめっきが行われ、特有の青みのある銀白色外観をもたらしている。このエッチングとクロムめっきのプロセスにおいて六価クロムが使用されている。クロムめっきは三価クロムへの代替が広がってきているが装飾用途に限定的で、エッチングはほとんど代替されていないのが現状である。

世界の動向から六価クロムの使用規制が予測されており、プラスチックめっきにおいても六価クロムを使用しない技術の開発が求められている。

【六価クロムの危険性について】

クロム化合物の中で危険性を指摘されているのは六価クロムのみである。六価クロムは発がん性物質であり、作業者が吸い込むと呼吸器系の深刻な病気を引き起こすリスクがある。人体への影響以外にも、環境に放出されれば水質汚濁・土壌汚染といった公害問題になる。

現在は製品に六価クロムが検出されなければ製造の工程で六価クロムを使用しても良いとされている。尚、めっき後の製品には六価クロムは含まれないため、毒性はない。溶出したとしても三価クロムであり、六価クロムのような有害性は無い。

3.1 低環境負荷を実現する六価クロムフリーめっき工法

当社は昭和 38 年にプラスチックめっきの工業化の成功した後、新技術の研究開発と同時に工業と自然との共生の在り方を模索してきた。これまで人と地球に優しい企業を目指し使用済みのめっき製品のリサイクル、再生エネルギーの利用、排水や老廃液の再資源化など、環境保全活動に積極的に取り組んできた。

その中で複数の六価クロムフリーめっき工法を開発した。めっきメーカーとして顧客の要望と低環境負荷を両立できる技術を提案、提供しており、既に PA（エンブラ）と PPS（スーパーエンブラ）では 10 年以上の量産実績がある。

ここではプラスチックめっきプロセスにおけるエッチングおよび六価クロムめっきについて、六価クロムフリーの工法を紹介したい。

3.2 前処理における六価クロムフリーエッチング

ここでは 4 つの工法を紹介する。

3.2.1 六価クロム以外のケミカルエッチング工法

プラスチックにめっきを密着させるためには、表面に凹凸を形成する必要がある。ABS のエッチングには高い酸化力が要求され、六価クロム同等の酸化剤として過マンガン酸が候補になっている。

工程は六価クロムを過マンガン酸に置き換え触媒付与以降は全く同じである。過マンガン酸プロセスは、従来のプロセスから大幅な設備や工程の変更が不要である点からも六価クロムの代替に有力である。

また、エッチング液に含まれるマンガンが六価クロムと比べると低濃度であるため、水洗工程が削減でき、過マンガン酸エッチングに置き換えることでより低環境負荷になる。

ただし、一部初期投資は必要であるため、幅広く普及するまでは現状工程に比べ製造コストは増加する。

その他、電解硫酸や上記と異なるマンガン、溶剤との組み合わせなど、ケミカルサプライヤー毎に特色のある

検討を行っており、ABS 以外のプラスチックでは他の処理も可能である。

参照 URL :

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sfj/70/9/70_446/_pdf/-char/ja

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sfj/59/5/59_5_288/_pdf/-char/ja

3.2.2 化学薬品フリーの改質水を利用した工法

オゾンは高い酸化力があり、自然に酸素に分解されるため環境に優しく、生成も簡単であることから様々な分野で活用されている。この性質から表面処理分野でも注目を集めてきたが、一方でオゾンの難溶性のため水中での安定性が悪く、工業目的での利用は困難とされてきた。

しかし、近年ファインバブル化によって水中のオゾン安定化に成功し、工業目的での改質水の利用が可能となった。

ファインバブルとは直径が 100 μ 以下の小さな気泡の事であり、水中で消滅せずに残存し、難溶性の気体を水に溶かすことができる。この特性を活かして生成したファインバブル低濃度オゾン水をエッチングに利用できる。

このエッチング工法はナノアンカー効果が得られ、六価クロムエッチングと同等の密着強度を得ることができている。有害物質不使用で人体や環境にやさしく、従来のエッチング液の電解再生や廃液処理、中和処理などの工程が省略されるため、メリットの大きいエッチング法として注目を集めている。

参照 URL :

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sfj/66/5/66_195/_pdf

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sfj/68/6/68_321/_pdf

3.2.3 特殊処理によるプラスチック表面の改質を行うエッチング工法

プラスチック表面を改質する特殊処理を 2 つ紹介したい。

紫外線（UV）は高いエネルギーと簡便な点から、様々な分野で活用されている。UV と生成するオゾンの働きによってプラスチック表面を改質することができる。その仕組みは、プラスチックに直接 UV を照射し、化学結合を断ち切り、かつ同時に生成した活性酸素により官能基が形成するものである。洗濯バサミが劣化し破損するご経験がお有りと思うが、同じ原理である。従来のエッチング工法に必要な排水処理が不必要な他、UV を照射した部分のみめっきができるため、複雑なめっき加工が可能な低環境負荷のエッチング工法である。

次に、ブラスト処理である。ブラストとは、研磨剤を吹付け表面に凹凸構造を形成する工法で、鏡面にはならないが材質を問わずに処理が可能である。ブラスト処理によるめっきの密着力は高く、有害物質を使用しないことから環境にやさしい。

このような特殊処理が環境問題に対応しためっき工法として提案され、当社でも一部量産している。

参照 URL :

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sfj/61/2/61_2_197/_pdf/-char/ja

3.2.4 ドライブプロセスとの融合方式

これまで紹介した工法は現在の六価クロムエッチングに置き換わるもので、その後は従来通り導電化を目的として無電解めっきが行われる。

そこで考え方を変え、プラスチックめっきの前処理から無電解めっきまでの複数の工程を一度で置き換えられる、真空酸素プラズマと低真空スパッタを融合した工法も検討している。

酸素プラズマ処理は表面改質のひとつで、プラスチックの改質が可能でありめっきの密着向上にも寄与する。

低真空スパッタ処理はプラスチック素材に金属を直接成膜するスパッタ処理を低真空で行うものである。低真空のため低温、短時間で処理できる上、付き回りも良好である。

この二つの処理を真空チャンバー内で一連処理でき、以降は電解めっきが可能である。工程を大幅に削減できるため、生産性の向上が期待できるうえ、より低環境負荷な工法である。

また、触媒として使用されるパラジウムや、無電解めっきで使用されるニッケルの価格が高騰しているため、省資源化やコスト削減の選択肢としても有効である。

参照 URL :

https://www.jstage.jst.go.jp/article/sfj/72/4/72_225/_pdf

3.3 後処理における六価クロムフリーめっき

自動車のエンブレムやグリルなどに施す装飾用クロムめっきには六価クロムを使用してきたが、環境負荷の低い三価クロムを選択する事で、環境にやさしい装飾クロムめっきが実現する。

三価クロムは自然界に存在し、毒性がなく環境への負担も小さいため、六価クロムの代替として広く使用されている。人体に必須のミネラルのひとつでもあるため、人への有害性が無いのも特徴のひとつである。六価クロムと比較すると耐食性に若干の劣りはあるものの、その他の性能は同等といえる。また、耐塩害性については六価クロム以上である。

近年では、環境負荷の低減以外にも六価クロムにはない色調を発現できることから、装飾目的で三価クロムめっきが選ばれることが増えている。

このように前処理と後処理との組み合わせによって、更に環境にやさしいめっきが可能となる。

4 プラスチックめっきの省資源化

有害物質を用いない点以外にも、低環境負荷としてレアメタルを始めとした省資源化について述べる。

プラスチックめっきにおいて必須であるパラジウム、ニッケルのレアメタルは、触媒や蓄電池等の用途で需要が拡大している。この動きは地金価格の推移からも認められ、地球全体で使用量を必要最小限に留める必要があると考えている。直近では銅、プラスチック原料も高騰し、プラスチックめっき部品全体として最適化を図る必要に迫られている。

ここでは省資源化について当社で取り組んでいることを含め2点述べたい。

4.1 工程内の再資源化

当社の工場では、洗浄水や排水を金属別に系統分けし、めっき処理後の洗浄水や老廃液から貴金属を回収し金属スラッジとして売却している。また、不良品を粉砕し売却、その後は金属を溶解剥離し回収し、プラスチックも原料等にもリサイクルされている。直近では洗浄水を濃縮し、めっき液に戻す直接リサイクルも検討が進んでいる。

4.2 部品における省資源化

プラスチックはその形状の自由度から高いデザイン性を可能にしている反面、めっき加工において難易度を高めてしまう場合もある。形状により不良が出やすい、過剰に金属を付けなければならないことは、意外と知られていない。これらの点を改善するためには、部品設計段階からめっき加工メーカーを巻き込んだDRが開催され声が反映されることである。一部顧客とは出図前に3回以上議論を重ねるケースがあり、不良の低減や金属の節約の一助となっている。

また、めっき部品の品質規格も課題である。皮膜構成や耐食性といった要求性能は金属めっきの規格を踏襲しているが、そもそも素材が侵されないプラスチックめっきでは考え方が異なるはずである。かつて伺ったアメリカのあるメーカーでは、外装部品で日系メーカーに比べレアメタルであるニッケルの使用量を20%も減らしてノンクレームが実現されていた。

品質規格には外観品質もあるが、密着や耐食性といった要求性能を満足しているにも関わらず、1mm以下の乗車状態で見えない程度の外観欠点がある部品が捨てられてしまっている。細かい欠陥を見つけようとするので、かえって集中視を促してしまい大きな欠陥が見逃されるケースも見られる。外観品質の緩和は、非常に効果のある環境負荷の低減に繋がると確信している。

このように、品質規格も時代の流れに沿って変革を迫

られていると感じている。

最適化の例として、屋内で使用するロボットの内部部品に耐久性のあるクロムめっきが不要なケースや、無電解めっきのみで十分な場合がある。製品の用途から必要な機能を見直し、適切なめっきを選択する事も環境負荷を低減するひとつの方法である。

5 今後の展開

当社では関東学院大学材料・表面工学研究所や各社ケミカルサプライヤーと連携し、六価クロムフリーエッチングをはじめ、環境問題に対応しためっき工法の研究開発、実用化を行ってきた。今後の世論や企業のニーズに対しても新しい工法の開発を進めていく方針であり、環境にやさしい技術を開発し、提供させて頂ければ幸いである。

6 おわりに

自動車そのものは勿論、製造プロセスにおいても環境への負担が少ない技術の世界的なニーズが高まっている。意匠・機能を付与するめっき技術においても、地球と人類のために低環境負荷技術の研究開発は重要課題である。

当社は本社・工場が信州駒ヶ根にあり、恵まれた自然環境の中で事業を営んでいる。表面処理を事業とする以上、公害や生物多様性の損失に繋がりにくい重責のある立場であることを認識しており、環境対応製品、技術の開発に積極的に取り組んでいる。

本稿では、当社が開発した六価クロムを使用しない工法を始め環境負荷の少ないプラスチックめっきについて紹介させて頂いた。

今後も機能性や装飾性を損なわず、人と環境の共存が可能な技術の開発を目標とし、提供していく事が当社の使命のひとつであると考えている。

六価クロムを使用しない工法の他にも新技術の研究・開発に取り組んでおり、この結果については別の機会に報告させて頂きたい。