



Title	プラスチックを金属厚膜で金属化する技術の研究
Author(s)	友野, 理平
Citation	デザイン理論. 1973, 12, p. 70-90
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/53742
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

プラスチック表面を金属厚膜で 金属化する技術の研究

友 野 理 平

1 はじめに

プラスチックは、造形材料として、極めてすぐれた物性を具備している。しかし、その反面、金属に及ばないいくつかの欠点を持っていることも事実である。そして、これらの欠点は、プラスチックそのものを改質することによって克服し得る見透しは、現状において、困難なようである。

プラスチック表面を金属厚膜で金属化しようとする試みは、プラスチックに金属を複合化させることによって、プラスチックが金属に及ばないいくつかの欠点をカバーしようとする企図したものである。つまり、複合化によって、プラスチックのすぐれた物性と、金属のすぐれた物性を併有した、新しい造形材料の開発を期待したものなのである。

筆者は、昭和38年、各国におけるこの技術の実情を調査するために、アメリカ及びヨーロッパに渡った。そして、欧米各国においても、その頃はこの技術の研究が緒についた許りで、工業化には更に多くの研究が必要である状況を知った。

帰朝以来、研究テーマの一つとしてこの技術と取組み、早くも10年が流れた。この間、工業化技術も一応確立し、金属化されたプラスチック成形物も多量に実用に供され、金属厚膜でプラスチック表面を金属化する仕事は、表面処理工

業の一分野を確実に占有するに至った。

この技術の研究の中心の一つは、プラスチックと金属厚膜の密着力を、如何にして実用上支障のないまでに高めるかという点であった。そのためには、プラスチックと金属との密着機構の解明が必要であったが、この解明は容易なことではなく、現在でも、なお研究の余地が若干残されている。

又、この技術を工業化して、商業ベースに乗せるためには、全自動装置の開発が必要であり、そのためには装置メーカーとの共同研究が、是非とも必要であった。

プラスチックの種類によって、金属厚膜の密着力に優劣があるのみならず、同種のプラスチックでも成形条件によって密着力にかなりの差が認められたので、この研究を進める途上においては、プラスチックメーカー、プラスチック成形業者、プラスチック成形用金型のメーカー、金属厚膜で金属化したプラスチック成形品のユーザーなどとのグループ研究も欠かせないものであった。

この報文は、欧米視察に始まってから現在迄の10年間に、筆者が行った研究の一部を紹介したものであるが、造形材料というものは、複合化することによって、かなりすぐれた物性のものを開発することが出来るという、一例として示したいためである。なお、表面を金属厚膜で金属化したプラスチックは、量産態勢が確立してから、既に数年を経過した。なお、この報文は、研究のアウトラインを紹介するに止めているので、この研究に関心を持たれる方々のためには、末尾に参考文献の主なものをかかげて、その不備を補うことにした。

2 プラスチック表面を金属化するいくつかの技術

2.1 真空蒸着

真空容器 (10^{-4} ~ 10^{-5} mmHg) 中で、金属を気化させ、プラスチック表面を金属薄膜で金属化する方法である。このような蒸着現象は、第二次大戦前から知られていたが、工業化のためには高度な真空技術の進歩が必要であったために、

工業化に成功したのは戦後である。

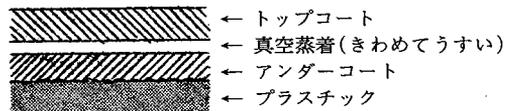
しかし、この方法で得られる金属皮膜は薄膜（特殊な場合以外は1ミクロン以下、ミクロンは $\frac{1}{1000}$ ミリ）であるため、装飾目的には利用出来ても、工業目的の利用は困難である。つまり、筆者が企図している「プラスチックのすぐれた物性と、金属のすぐれた物性を複合して、新しい造形材料を得る」という目的を満足させるものではない。

このことは、真空蒸着を利用したプラスチックの主な用途が、第1表に示すようなものであることから理解出来る。又、その断面を図示すると、第1図

第1表 真空蒸着を利用したプラスチック製品

品名	主な用途	備考
メタリック ヤーン	金糸、銀糸	厚さ12~25ミクロンのテトロンフィルムにアルミを真空蒸着し、その上に透明又は金色の塗装を施し、0.276ミリ巾に細断したもの
ホットスタンピング(箔押し)用メタリックフィルム	手帳、書籍、文具などにメタリックな文字、模様を入れる	テトロン、塩化ビニールなどのうすいフィルムにアルミを真空蒸着し、その上に透明又は着色塗装を施したもの
造花、アクセサリ、装飾品		プラスチック成型品にアルミ、金、銀、銅などを真空蒸着し、その上に透明又は着色塗装を施したもの

のようになり、金属皮膜が薄く傷つきやすいので、その表面を樹脂塗装（トップコートと呼ぶ）しなければならぬという点も、工業的な利用を不利にしている。



(アンダーコート、真空蒸着、トップコートの三層からできている)

第1図 プラスチックの上の真空蒸着の断面

真空蒸着の技術は既に確立している。従って、この技術で所期の目的が達せ

られるものならば、新しい金属化技術の開発は不要なのである。しかし、所期の目的を満足させ得ないために、新しい方法の開発が必要となり、後記するような、厚くて密着のよい金属皮膜を得る方法の開発となったのである。

2.2 真空を利用したその他の方法

クラスター・イオンを利用するイオンプレーティング（京大、高木研究室）、真空蒸着とスパッタリングを複合化したイオン化静電法（工業技術院機械技術研究所）やドライ・プレーティング（日本真空株式会社）、レーザーを利用したレーザー蒸着法（東海大、横田研究室）などが国内で開発途上にあり、海外においても、いくつかの方法が開発途上にある。

しかし、いづれの方法も、工業化には更に多くの研究の積重ねが必要のようであり、特に、これらの方法を大量生産に利用するには、かなりの研究の経過が必要のように思われる。

しかし、これらの方法がもし成功すれば、水溶液電解ではないから、工場廃水による公害もかなり減少すると考えられ、公害防止の上からも、その完成に期待がかけられている。

2.3 金属溶射

金属溶射法を利用すれば金属、非金属のいづれの表面にも金属厚膜を附着させることができるので、当然プラスチック表面にも応用可能である。

しかし、溶射された金属は粗大で光沢に乏しく、溶射金属とプラスチックの密着を強化するためには、予めプラスチック面をサンドブラストによって粗化しておかなければならず、粗化工程でプラスチックは変形しやすく、粗化された面に溶射された金属厚膜は、外観美が劣るなどの欠点のため、利用し難いことが、実験の結果、明らかになった。

筆者が、欧米の研究機関や企業を視察した当時（昭和38年）は、アメリカの研究所において、金属溶射法の採用を研究していたところもあったが、採用には至らなかったと聞いている。

その研究所においても、上記のような欠点を認め、採用に値しないものと考えたのではないかと考えている。

2.4 電導性プラスチックを利用する方法

この種のプラスチックは、プラスチックの中に金属粉を混入して電導性を与えているので、高価であるし、プラスチックの特徴の一つである軽量性が失われるのみならず、耐食性も劣るので、利用には不適當である。

しかし、電導性があるので、電気めっきのみで、金属厚膜を附着させることは可能である。

2.5 電導性ペイントを塗布する方法

銅ペイントや銀ペイントをプラスチック表面に塗布し、その電導性を利用して電気めっきを行い金属厚膜を附着させようとする方法である。これらの塗料は高価であるし、スプレー塗装が出来ないので、刷毛塗りする以外に方法がなく、大量生産には全く適しない。塗料中に含まれる銅や銀の含有量は、重量で50~70%という高濃度なものである。

2.6 メカニカル・プレーティング

実験の結果、採用に値しないことを確認した。

2.7 化学めっきによる方法

プラスチックに適当な予備処理（例えばセンシタイジングやアクチベーションなど）を施したものを、化学めっき液中に浸漬すると、プラスチック表面に金属が析出する。これを化学めっきという。

この方法による金属の析出速度は小さく、この方法のみで金属厚膜（20~40ミクロン）を得ることは、極めて経済性に乏しい。

2.8 化学めっきと電気めっきの併用法

プラスチック表面に電導性を与える手段として化学めっきを利用し、電導性が与えられたならば、電気めっきに移行し、電気めっきで金属厚膜をつける方法である。

プラスチック表面を金属厚膜で金属化する方法として、上記のようないくつかの方法を検討した結果、この方法が最もすぐれた方法であることが確認され、工業化もこの方法で実現した。そして、現在も、この方法に勝る方法は開発されていない。

3 化学めっきと電気めっきを併用して金属厚膜を得る方法のあらまし

3.1 この方法を採用した理由

プラスチックには電導性がない（電導性プラスチックというものもあるが）から、電流を流すことが出来ない。電気めっきは、電流を流すことによっておきる電気化学作用を利用したものであるから、電流が流れることが前提条件となる。

化学めっき（Chemical plating）は化学反応を利用した金属析出法であるから、特に外部から電流を流してやらなければならないというものではない。

電気めっきを利用すれば、厚いめっきが得られるし、得られるめっきの機械的性質や耐食性を或程度コントロールすることも出来るのみならず、めっき表面の平滑度や光沢をもコントロール可能であり、電気めっき技術は長い歴史を持つので、その間に積みあげられた貴重な技術を利用することが出来る。

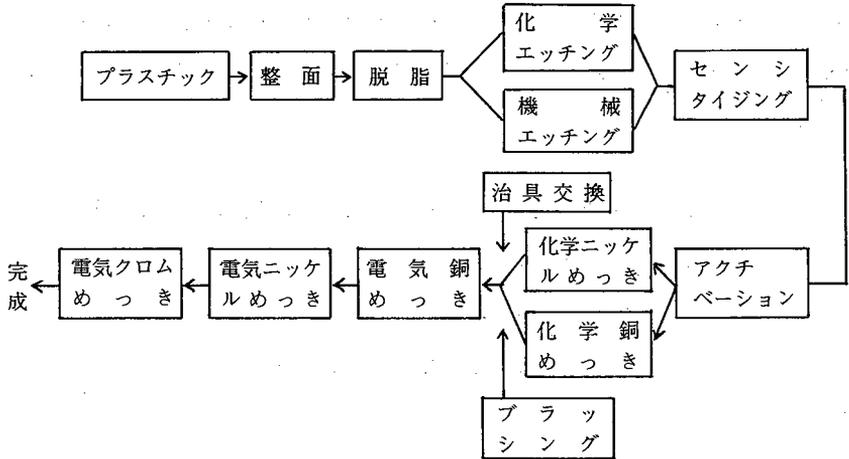
化学めっきで、厚いめっきを得るには種々の不利益がある。従って、化学めっきでプラスチック上に電導性薄膜をつくり、その電導性を利用して電気めっきを行って、厚膜を得るのが得策ということになる。

勿論、研究の過程においては、種々な方法が検討されたのであるが、この方法が、現状においては、ベストであるということになったのであって、欧米各国においても、この結論は同じであった。

3.2 この方法の手順

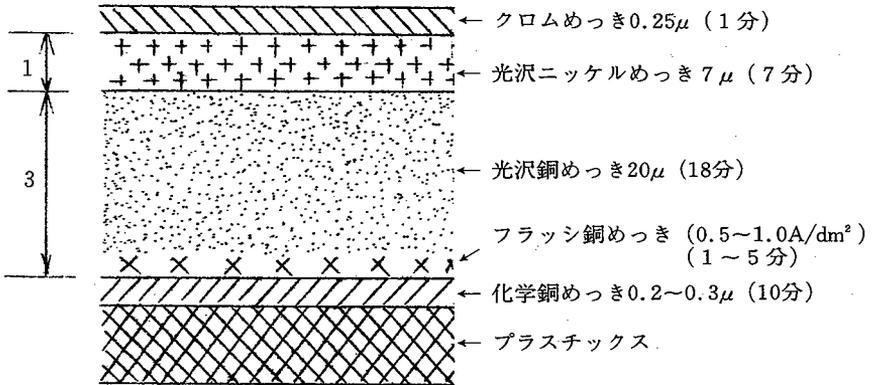
方法の詳細を示すにはかなりの紙数を要するし、この報文の目的でもないので、手順を図示するに止めるが、詳細を希望される方は筆者の小著（プラスチ

クめつき実務読本，オーム社）を参考にされたい。



第2図

化学めつきと電気めつきを併用したプラスチックめつき方法の順序
(水洗工程は省略)



第3図 化学めつきと電気めつきの併用

手順は第2図に示すようである。図中の整面というのは、プラスチックが成形時に受けた内部応力を除去する工程で、内部応力の残留は、金属厚膜のプラスチックへの密着力を弱めるので、予め除去の要がある。

センシタイジング (鋭敏化) とアクトベーション (活性化) は、プラスチック

ク表面に化学めっきをつけるためには、是非必要な予備処理で、すずやパラジウムの溶液が使われる。

完成したものの断面を示すと第3図のようになる。図の左側に1、3と記してあるのは、光沢ニッケルめっきの厚さを1とすれば、光沢銅めっきの厚さを3にすれば、めっきしたプラスチック成形品に外部から若干の衝撃が加わった場合も、めっきがプラスチックからはがれ難いことを示す数字なのである。

このような点にもあらわれているように、プラスチックと金属との密着力を如何にして高めるかという点に、研究の重点の一つがある。

真空蒸着の断面を示す第1図と、化学めっきと電気めっきを併用したものの断面(第3図)を比較すると明らかなように、前者の皮膜は工業的な利用には問題があるが、後者の皮膜は、密着が良好であれば、工業的利用に耐えるものであることがわかる。

エッチング方法に、化学エッチングと機械エッチングの二つの方法をあげたが、エッチングを必要とする理由や、両エッチング法の利点欠点については、密着機構の検討の項に若干解説を加えたい。

又、化学めっきに、化学ニッケルめっきと化学銅めっきの二種をあげたが、そのいずれを利用すればよいかということは、主として衛生上の問題となる。例えば、ポットの口金は、従来、亜鉛ダイカストで成形したものにめっきしたものが使われていたが、現在は、ABSプラスチックで射出成形したものに、めっきを施したものが使われている。この場合のめっき(銅→ニッケル→クロムの三層より成る)に銅を使うと、衛生上有毒のおそれがないにしても非ずという見地から、化学めっきにも電気めっきにもニッケルが使われるというような場合である。

しかし、ニッケルは銅よりも高価であるから、敢てニッケルを使わなくともよい場合は、銅が使われている。

現在、工業化の段階で、化学銅めっきを実用している工場と、化学ニッケル

を利用している工場の数は、ほぼ同数ではないかと思われ、今後は、化学ニッケル利用工場の方が多くなるのではないかと考えられる。

ワンラックシステムの成功は、第2図に示した治具交換を不要にし、全自動化を実現させた。

4 密着機構の解明について

プラスチック表面を、金属厚膜で金属化する技術の研究の中で、最も重要な研究事項の一つは、プラスチックと金属との密着を如何にして強化するかという点である。

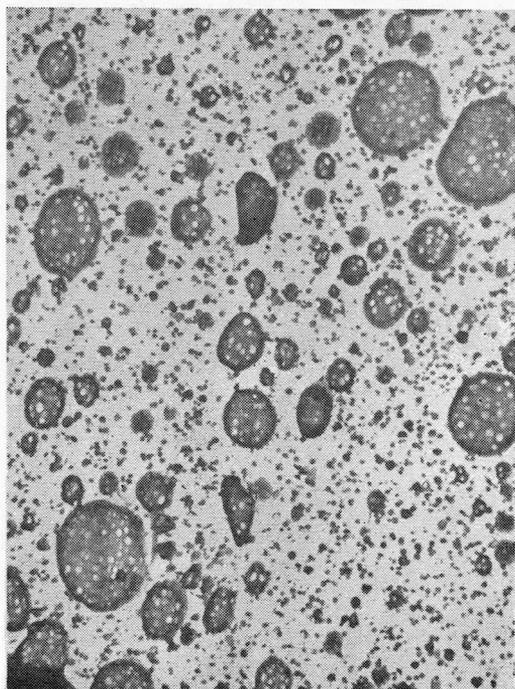
そのためには、密着機構の解明が必要である。解明について現在迄に行われた研究をまとめてみると、機械的密着説を提唱するグループと化学的密着説を提唱するグループとがあるが、筆者は機械的密着力が主で、化学的密着力が従で、この二つの密着力の和を密着力とする考えが正しいものと思っている。

如何なる種類のプラスチックにも、化学めっきと電気めっきを併用すれば、金属厚膜を附着させることは出来る。しかし、実用上支障のない程度の密着力が得られるのは、ABSプラスチックのみである。ABSプラスチック以外のプラスチックには、金属厚膜は附着するけれども、密着力が低いため、実用上支障がある。

もっとも、近頃は化学エッチング技術の進歩により、ポリプロピレンにも実用上支障のない密着力が得られるようになり、工業化にも成功している。

ABSには、なぜ、密着のよい金属厚膜が得られるかという点を追及することによって、密着機構解明の手がかりが得られると考えられるので、研究をまずこの点に集中させることにした。

ウルトラミクロトームを使って、ABSの超薄切片（厚さ0.05ミクロン前後）をつくり、電子顕微鏡でその組織を撮影すると、第4図ようになる。大小の円形に近い形のものがあるのは、ABS中のB（ブタジエン）である。

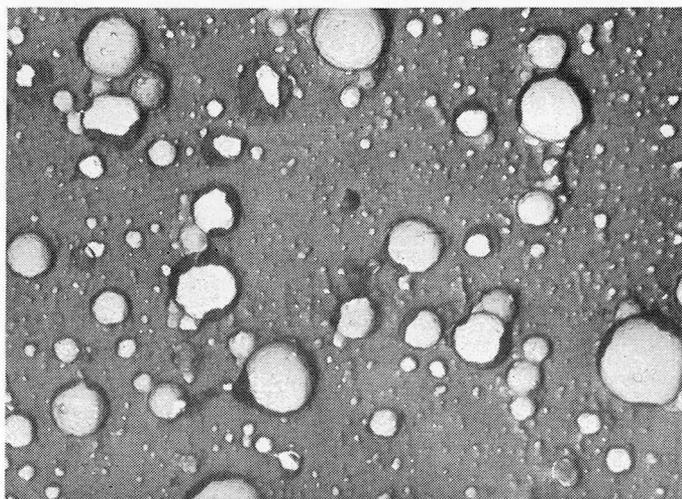


第4図 ABS プラスチックの電子顕微鏡写真(×5000)

Bの形はABS成形品が成形時に内部応力を受けている場合は、楕円体に近い形となり、内部応力を除去してやると球形に近くなるので、Bの形を見れば、内部応力の大小がわかる。

ABSを化学エッチング(第2図参照)すると、第5図のようになる。球形に見える部分は、Bが化学エッチング液に溶解して出来た凹痕なのである。

凹痕の大きさと数は、電子顕微鏡で検討した結果第



第5図 化学エッチングしたABSプラスチックの電子顕微鏡写真(×5000)

第2表 ABSを化学エッチングしたときにできる凹痕の大きさと数と面積

エッチングの過不足	エッチング適正				エッチング不足				エッチング過度	
液組成と条件 数と面積 凹痕の平均直径(μ)	硫酸(比重1.84)100cc 重クロム酸カリ 15g 水 50cc 5分間		左に同じ 50℃, 20分間		硫酸(比重1.84)250cc クロム酸 75g 水を加えて 100cc 5分間 50℃,		硫酸(比重1.84)100cc 重クロム酸カリ 15g 水 50cc 30秒間 50℃,		硫酸(比重1.84)800cc クロム酸 33g 水 200cc 5分間 50℃,	
	凹痕の数 (個/cm ²)	凹痕の占める面積 (%)	凹痕の数 (個/cm ²)	凹痕の占める面積 (%)	凹痕の数 (個/cm ²)	凹痕の占める面積 (%)	凹痕の数 (個/cm ²)	凹痕の占める面積 (%)	凹痕の数 (個/cm ²)	凹痕の占める面積 (%)
1.8~2	1	0.78	1	0.93	0	0	2	1.85		
0	0	0	2	1.68	0	0	1	0.84		
1.6~1.8	1	0.56	3	2.00	1	0.56	1	0.67	測	
1.4~1.6	8	3.48	2	1.04	1	0.44	2	1.04		
1.2~1.4	6	1.95	7	2.73	1	0.33	1	0.40	定	
1.0~1.2	9	2.09	7	1.95	3	0.70	6	1.66		
0.8~1.0	16	2.49	13	2.42	7	1.09	12	2.23	不	
0.6~0.8	77	7.22	21	2.35	17	1.59	16	1.80		
0.4~0.6	128	6.00	37	2.07	38	1.78	40	2.24	能	
0.2~0.4	140	2.08	277	4.90	72	1.07	85	1.51		
0.2以下	784	5.82	920	8.13	275	2.04	732	6.48		
合計	1170	32.47	1290	32.20	415	9.60	898	20.78		

ABS:カネエース S-10

2表のようであった。このような凹痕は、ABS以外のプラスチックを化学エッチングしても発見することは出来なかった。

化学エッチングしたものに、化学めっきと電気めっきの併用によって、金属厚膜を附着させ、その断面を電子顕微鏡で観察すると、めっきは凹痕の内部にまで喰込んでいるのが明白に認められた。つまり、金属厚膜は、ABSの中に根をおろし、機械的に密着力を高めていたのである。

化学的密着力の実証については、赤外分光光度計による赤外吸収曲線から推定する方法を採用した。その結果、ABSは化学エッチングによって、金属と化学的に結合しやすいラジカルを生成することが確認された。

以上が、ABSに金属厚膜が比較的強固に密着し得る理由であるが、化学エッチングを行わなくとも、機械エッチングで同様な効果があるか否かについても検討した。

もしも、機械エッチングでもよいならば、あらゆる種類のプラスチックに、密着のよい金属厚膜を附着させることが可能になるので、この検討の持つ意義は重大なのである。

機械エッチングには、液体ホーニング、サンドブラスト、ショットブラスト、

砥粒とのタンブリングなどの方法があるが、筆者は液体ホーニングとショットブラスト（特殊な装置を開発使用した）の二つの方法について検討した。

第3表 ABSの液体ホーニング面に対する銅めっきの密着力

噴射圧力	噴射時間	表面アラサ (Hmax)	密着力
5 kg/cm ²	2 秒	1.8 μ	0.42 kg/mm ²
5 〃	4 〃	2.0 〃	0.53 〃
4 〃	2 〃	1.2 〃	0.38 〃
4 〃	4 〃	1.5 〃	0.40 〃
3 〃	2 〃	0.7 〃	0.12 〃

註 ①噴射距離15cm、噴射角度90度、噴射砥粒600#アランダム、アランダムと水の重量比1：2

②アラサ測定はプロフィーログラフ（西ドイツ製）使用、カットオフ 0.7、横20倍、縦1000~10000倍、針半径2.5μ、荷重0.1g

第3表は、液体ホーニングで得られた結果の一例である。ショットブラストした場合の密着力は0.14~0.17kg/mm²であった。化学エッチングの場合は1.3~1.7kg/mm²であるから、約半の密着力しかない。

機械エッチングはなぜ化学エッチングに及ばないのかということを追及することも、密着機構の解明には必要なことである。追及した結果の結論だけを記すと、次のように要約してよいと思う。

化学エッチングで出来る凹痕の形と、機械エッチングで出来る凹痕の形には、かなりの差がある。前者の場合の凹痕の形には、入口がせまく内部が広い“たこつぼ”のような形のものが多いが、後者の場合の凹痕は開口部が広く内部がせまい“鋸歯状”のものだけである。

“たこつぼ”の内部に迄根を張った金属厚膜は“鋸歯状”の凹凸面に附着した金属厚膜よりも、密着力がすぐれているのは、常識でも理解出来るし、実験で証明することも容易である。ここにも機械的な密着力が主役を演じていることが示唆されている。

B (ブタジエン) を含まないポリプロピレンにも、密着のよい皮膜が得られるようになったのも、化学エッチングを二段に行うことによって“たこつぼ”状の凹痕をつくり出すことに成功したからである。

なお、密着力の測定には、ヒートサイクルテスト、サーマルショックテスト、ピーリングテスト、引張りテストなどが開発されているが、商取引にはヒートサイクルテストとサーマルショックテストが、研究室的には、ピーリングテストと引張りテストが使われている。密着力を kg/mm^2 で示すためには、引張りテストを使用する。

5 プラスチック表面を金属厚膜で金属化して得られた利点

5.1 金属と同様の外観が得られた

ラジオ、テレビ、電気洗濯機などについているダイヤルのつまみなどは、以前は亜鉛ダイカストで成形したものに、銅→ニッケル→クロムの三層めっきを行ったものが使われていたが、最近ほとんどABSプラスチックの表面を金属化したものである。しかし、中味がプラスチックであるということを知っている人は少ないと思う。外観の上からは、中味まで金属であるかのように見えるからである。

5.2 表面硬度の向上

金属化は第3図のように行われている。最外面はクロムである。電着クロムの硬度はピッカース900~1000で、滲炭焼入れした鋼の硬度(ピッカース700~800)よりも大である。中味であるABSプラスチックやポリプロピレンは、硬度が小さくきづつきやすく磨耗しやすいが、電着クロムは、これらの欠点を十分にカバーしている。このような利点は、真空蒸着では得られないことが第1図によって明白である。

5.3 耐候性の向上

プラスチックを屋外で使用すると、機械的諸性質が劣化する。400ミリマイクロ

ン以下の波長の紫外線は、プラスチックにこのような影響を与える。しかし、プラスチック表面を金属厚膜で金属化すれば、紫外線の作用はプラスチックに及ばなくなる。

自動車の内装品のみならず外装品に、表面を金属化したプラスチック製品が多数使われている。外装品は常に紫外線の照射を受けている。表面を金属化してあるからこそ使用可能なのである。

5.4 軽量化が可能である。

第4表に示すように、金属とプラスチックの比重の差は著しい。自動車のラジエーターグリルは、従来は鋼板にめっきしたものであったが、今はABSプラスチックで成形し、その表面を金属化したものとなっている。鉄の比重は約7.8で、ABSプラスチックの比重は約1.1であるから約7に軽量化されたことになる。

5.5 耐熱性の向上

プラスチックが金属に及ばない一つの点は、耐熱性が低いという点である。この欠点は、その表面を金属厚膜で金属化することによって、かなり改善することが出来る（第4表および第5表参照）。

5.6 プラスチック表面の希望する部分に電導性を与えることが出来る

電子計算機、各種通信機、テープレコーダ、テレビ、ラジオなどに利用されているプリント配線の表パターンと裏パターンの導通などに利用されているのがその一例である。

5.7 吸水性をゼロにすることが出来る

プラスチックの中には、ABSのように0.25~0.40%もの吸水率を持つものがある。このような吸水性は、使用目的によっては好ましくないものである。金属化によって、吸水率を減少させたり、ゼロにしたりすることが可能であった。ポリプロピレンは、ほとんど吸水しないので、その必要がなかった。

5.8 機械的性質の改善

第4表 工業用樹脂と金属との機械的性質の比較

物 性	材 質	鋳 鉄	銅	黄 銅	アルミニウム ダイカスト	A B S	ナ イ ロ ン	ポリアセ タール	ポリカー ボネート	ポリプロ ピレン
比 重		7.2	8.9	8.2	2.7	1.1	1.2	1.4	1.2	0.9
抗 張 力 (kg/cm ²)		1700	3500	2300	350	400	600	700	600	300
引張弾性率 (kg/cm ² ×10 ³)		2000	1200	1050	705	25	22	28	23	13
アイゾット値 (kgcm/cm ²)		—	—	—	—	35~60	>60	3~13	15~30	4~15
線 膨 張 率 (×10 ⁻⁵)		1	2	2	3.5	8	10	8	7	11
熱変形 温度℃	66ポンド/平方吋	—	—	—	—	86	170	170	135	110
	264ポンド/平方吋	—	—	—	—	78	70	100	125	55

第5表 プラスチックを金属化すると機械的諸性質は向上する

第4表に明らかなように、プラスチックの機械的諸性質は、金属に比してかなり劣っている。しかし、その表面を金属薄膜で金属化することによって、かなり改善することが出来ることを知った。

機 械 的 性 質	金属化前	金属化後	向 上 率 (%)	試 験 方 法 (A S T M)
抗張力 (23℃, ポンド/in ²)	6,400	6,800	6	D-638-11T
曲げ強さ (23℃, ポンド/in ²)	10,000	10,300	3	D-790-61
曲げモジュラス (23℃, ポンド/in ²)	310,000	590,000	90	D-790-61
アイゾット値 (23℃, フードポンド/in ²)	5	5.8	15	D-256-56 Method A
ロックウェル硬度 (23℃)	R-101	金属に近い	金属に近くまで向上	D-785-60T
熱変形温度 (264ポンド/in ² , °C)	89	100	12	D-648-56

プラスチックはABS サイコラックT, 金属化は銅 38μ, ニッケル 10μ, クロム 13μ (合計 49.3μ)

第5表は、サイコラックT (字部サイコンのABS) を金属化したものの、機械的性質の向上を示したものである。曲げモジュラスは90%、アイゾット値は15%、熱変形温度は12%向上し、硬度は、金属に近くまで向上している。抗張力の向上は6%程度に止った。

第6表は、ポリプロピレンの表面を金属化した場合の、機械的諸性質の改善結果を示したものである。

第7表は、ABSプラスチックに厚さ15、30、45ミクロンの金属化 (銅めっき) を行い、金属化の厚さの増加に従って、機械的諸性質が如何に改善される

第6表 金属化したポリプロピレン樹脂の機械的性質の向上

樹 脂 性 質	一 般 用		耐 衝 撃 用 (中)		耐 衝 撃 用 (高)	
	金属化前	金属化後	金属化前	金属化後	金属化前	金属化後
抗 張 力 (ポンド/in ²)	5,000	5,600	3,800	4,900	3,100	4,200
伸 び (%)	8	1.38	10	1.25	10	0.81
弾 性 係 数 (ポンド/ インチ)×10 ⁵	1.8	7.2	1.8	7.1	1.5	7.0
曲 げ 強 さ (ポンド/in ²)	7,200	15,800	—	13,300	—	12,500
曲 げ 弾 性 係 数 (ポンド/ in ²)×10 ⁵	2.4	21	—	19	—	19

金属化厚さ：半光沢ニッケル 30μ，光沢ニッケル 7.5μ，クロム 0.25μ (合計 37.5μ)

第7表 金属化の厚さが増せばプラスチック成形品の機械的諸性質もそれにともなって向上する

銅めっき厚 (μ)	抗 張 力 (kg/cm ²)	伸 び 率 (%)	引 張 弾 性 率 (kg/cm ²)	抗 折 力 (kg/cm ²)	アイゾット (kgcm/cm ²)	熱変形温度 (℃)
0	425	18.5	1.9×10 ⁴	810	25.8	78
15	477	2.3	3.1×10 ⁴	835	24.4	102
30	525	2.2	4.0×10 ⁴	960	24.7	102
45	502	2.1	3.9×10 ⁴	1,220	26.9	114

プラスチックは ABS5100，銅めっきは光沢硫酸銅めっき。

抗張力，伸び率，引張弾性率は ASTM, D638-60T により測定。

抗折力，曲げ弾性率は ASTM, D790-59T により測定。

アイゾットは ASTM, D256-56, Method A により測定。

熱変形温度は ASTM, D648-56 により測定。

第8表 金属とプラスチックとの価格の比較

材 質	価 格 (円/1,000cm ²)
アルミニウム	460
亜 鉛	840
真 ち ゅ う	2,100
不 銹 鋼	2,900
フェノール・ホルム・ アルデヒド	180~360
尿素・ホルム・アルデヒド	180~360
ポリスチレン	130~260
ポリエチレン	150
ポリプロピレン	260
PVC	260~460
ABS	330
ポリアセタール	690
ポリカーボネート	970
ナイロン	840~1,100
4ふっ化エチレン樹脂	770~1,300

かをテストしたものである。予想された通り、厚さの増加は、機械的諸性質の改善の度合を増した。ただし、伸び率は、厚さとともに減少しているが、抗張力が増せば、伸び率が減少するのは、材料の通性である。熱変形温度が、78℃から114℃に向上しているのは、5.5に示したことがらを実証している。

5.9 コストダウンに役立つ

最近(昭和48年8月現在)、公害、工場事故、電力不足その他による生産の縮小又は停止などのため、プラスチックも金属もともに供給不足のため、価格もアブノーマルなものとなっているが、ノーマルな状態において、プラスチックと金属の価格(円/1000cm²)を比較すると、大抵第8表のようになる。

金属の価格に比して、プラスチックの価格はかなり安価である。しかも、今後は

石油価格値上り傾向のため、一概にそのようになるとは考えられないが、従来の傾向としては、金属は毎年値上りし、プラスチックは毎年値下りしてきた。

従来から、金属で製作してきたものを、今後はプラスチックで製作し、その表面を金属厚膜で金属化したものに材質変更することによって、コストダウンが可能であることがわかる。

第9表は、コストダウンの一

第9表 同一製品を亜鉛ダイカスト又はABSで成形してめっき加工した場合のコストの比較(単位:円)

例を示したもので、例えば家庭用ミキサーの台は、亜鉛ダイカストで成形し、その上にめっきしてつくっていた頃は522円を要したが、ABS

製品の名称		小型ツマミ	大型ノブ	冷蔵庫 ドアハンドル	家庭用 ミキサー台
製品の寸法		高サ16mm 径14mm 容積1.6cc	高サ3.8mm 径25mm 容積10cc	長サ250mm 巾50mm 高サ16mm 容積58cc	高サ150mm 径150mm 肉厚2.4mm 容積164cc
材料費と成形費の小計	ABS	5.9	11.1	55.5	130
	亜鉛	6.2	16.9	112.5	264
めっき加工費と仕上加工費の小計	ABS	6.5	13.4	70.5	280
	亜鉛	7.7	15.2	82.2	258
合計	ABS	12.4	24.5	126.0	410
	亜鉛	13.9	32.1	194.7	522

Sプラスチックで射出成形し、その表面を金属化したものに材質変更することによって410円となり、1個あたり112円のコストダウンに成功したのである。

コストダウンの主因は、亜鉛とABSプラスチックとの価格の差である。プラスチックの主原料は石油である。石油の価格は、OPEC(石油輸出国機構)の誕生によって売手市場となり、値上げが容易に行われるようになった。石油の値上げはプラスチックの値上げとなり、コストダウンに影響する。

5 利用情況のあらまし

自動車1台あたりのプラスチック使用量は、1960年には平均10kgに過ぎなかったが、1969年には38.6kgとなり、1970年には45.4kgとなり、10年間に約4.5

倍になっている。

金属化技術の完成により、自動車に使用されるプラスチック部品中、相当数がABSプラスチック又はポリプロピレンで成形され、金属厚膜で金属化されたものに材質変更されている。小はダイヤルのつまみやネームプレートから、大はテールランプ枠やラジエーターグリルにおよんでいる。

金属化されたプラスチックの進出は、当然の結果として、金属材料の後退となる訳であるが、金属化されたプラスチックの進出は、自動車生産技術の目標の一つである“グラム作戦”を遂行するためには、好適なものなのである。

電気洗濯機、電気冷蔵庫、電気オーブンなどの家庭電化製品にも、金属化されたプラスチックが利用されている。それらに附属している把手やダイヤルのつまみがそれである。

ポットの口金は、亜鉛ダイカスト（比重約7.2）から金属化したABSプラスチック（比重約1.1）に変わり、軽量化とコストダウンが実現した。ラジオ、テレビ、ルームクーラー、ルームヒーター、扇風機、ジューサー、ミキサーをはじめ電子計算機にいたるまで、それらに附属しているダイヤルのつまみや把手は、金属化したプラスチックである。

少々悪趣味に属するが、従来は金（Au）でつくられていた金盃も、最近ではプラスチック（ABS）で成形し、その表面を金（Au）で金属化したものなどがあられ、手に取ってその軽さにおどろいて、始めてプラスチック製であることに気付いたという例もある。

7 おわりに

プラスチック表面を金属厚膜（約20～40ミクロン）で金属化すれば、プラスチックのすぐれた物性と、金属のすぐれた物性とを複合し得て、新しい造形材料が得られることが予想される。

この予想を現実化するため、まず、欧米の状況を知りたいと思い、昭和38年、

欧米を旅した。そして、この技術の研究は、欧米においてもその当時は緒についたばかりで、研究者は試行錯誤を繰り返している段階であることを知った。

帰朝以来、筆者はこの技術の研究を主要研究テーマの一つに加え、現在迄に10年の歳月が流れた。この間、プラスチックメーカー、成形業者、成形用金型デザイナー、化学めっきおよび電気めっきの研究者とその装置メーカー、ユーザーなどの相互研究が結実し、量産態勢が確立したために、この仕事は、表面処理工業の一分野を占有する迄に成長した。

化学めっきと電気めっきの併用法が採用され、最も懸念されたプラスチックと金属膜との密着力も実用上支障のないものが、量産態勢の中で得られるようになった。現在、量産態勢が確立しているプラスチックは、ABSとポリプロピレンの二種であるが、その他のいくつかのプラスチックに対しても、研究室段階では成功している。

表面を金属化したプラスチックは、ほぼ予想に近い物性（第4、第5、第6、第7、第9表）を示し、それらの新しい物性のために利用は年毎に拡大しつつある。“金属に挑戦するプラスチック”という言葉があるが、表面を金属厚膜で金属化したプラスチックの出現は、プラスチックをより強力な金属への挑戦者に成長させたことは事実である。

しかし、最近（昭和48年8月現在）著しく注目を集めはじめた石油資源枯渇問題と、それにとまなう石油価格の数次にわたる値上りは、プラスチックの将来にかけりを投げかけはじめ、プラスチックの価格は年毎に値下りし、逆に金属の価格は年毎に値上りするという今迄の考えを訂正しなければならないことになった。石油消費量の99.6%を輸入に依存している日本においては、重要な問題である。

又、化学めっきと電気めっきの併用によって完成した金属化の技術を、量産態勢に応用すれば、その工場の廃水中には、重金属や化学薬品が含まれ、水質の汚濁源としても近時注目を集めるようになった。これらの汚濁を無害化する

技術も装置も一応出来上って実用されてはいるが、汚濁ゼロは難しいし、汚濁防止のために必要なイニシアルコストおよびランニングコストは、かなり高価なものとなって企業の重荷となりはじめた。

このため、今後は無公害金属化技術の開発が、強く要求されるようになってきた。そのためには、化学めっきや電気めっきのような、水溶液を使用する方法の利用を反省しなければならず、金属化技術のありかたは、公害防止という点から、新しい局面を迎えたことになる。

無公害技術としては、2.2に示した真空中での金属化があげられるが、この技術を工業生産に応用するためには、更に多くの研究の蓄積が必要であり、近く成功の公算はない。

参 考 文 献

- 1) 友野理平：最近のプラスチックメッキの技術的進歩、プラスチックマテリアル、Vol.11, [2] Feb. (1970) p. 57
- 2) 友野、石原、伊藤、斎藤：プラスチックメッキ技術はどこまで向上したか、工業材料、16、[2] (1968)
- 3) 友野ほか：プラスチック表面の活性化、工業材料、17[2] (1969)
- 4) 友野理平：プラスチックメッキ実務読本、オーム社 (昭44)
- 5) 佐久間虎光：プラスチックメッキの密着性、日本接着協会誌、3、[3]、p. 29 (1967)
- 6) 呂 戊辰：プラスチック上へのメッキとその密着性、工業化学雑誌、73、1 (1970) p. 59
- 7) 加藤高一：ABS樹脂の電子顕微鏡的構造、プラスチック、18、[4]、[5]、[6] (1967)
- 8) 西村 弘：液体ホーニングによるプラスチックのメッキ下地の処理、工業材料、12、12、p. 41 (1964)
- 9) 塚田、加納：プラスチックメッキ物の耐食性、工業材料、179、p. 73 (1969)
- 10) 友野、杉原、富樫：第33回金属表面技術協会講演要旨 (1966)

- 11) 友野、八木、富樫：第36回金属表面技術協会講演要旨 (1967)
- 12) 友野、八木、富樫：第42回金属表面技術協会講演要旨 (1970.11)
- 13) 友野、八木、富樫：第44回金属表面技術協会講演要旨 (1971.11)
- 14) V. E. Carter: The Assessment of Thermal Stability and Corrosion Resistance on ABS Plastics. Transactions of the Institute of Metal Finishing, 46, 2, p. 49 (1968)
- 15) E. B. Saubester, J. Hajdu, G. Leibowitz: The Nature of the Corrosion of Electrodeposit on Plastics, Electro chemical Technology, 6, No. 9, 10 (1968)
- 16) I. C. Hepfer, K. R. Hample, R. J. Jimmer and D. R. Boehm: The Use of Electroplated plastics for Exterior Automotive Trim, Plating, 55, No. 6, p. 584 (1968)
- 17) A. Rautell: The Influence of Surface Chemistry on the Adhesion of Copper Deposited on Plastics Substrates, Trans. Inst. Metal Finishing, 47, 197 (1969)
- 18) G. Muller, D. W. Baudrand; Plating ABS Plastics, Robert Draper Ltd, Teddington, 1967
- 19) H. Narcus, Metallizing of Plastics, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1963
- 20) S. Wein, Metallizing Non-Conductors, Finishing Publications, Inc., Westwood, New Jersey, 1945
- 21) 友野理平：Plastic Age Encyclopedia, プラスチックエージエンサイクロペディア社、1969
- 22) 友野理平：Plastic Age Encyclopedia, プラスチックエージエンサイクロペディア社、1972