

マテリアルリサイクルが 可能となった 樹脂めっき部品

王路 貴史*

軽量で耐久性のあるプラスチック部品は、われわれの生活を豊かにしてくれる高機能な製品である。しかし、新商品と題したプラスチック部品が開発されると、あるいは機能を満たさなくなると、これまでわれわれの生活に普及していたプラスチック部品は不要なモノとなり、その役目を終えてしまう。この役目を終えたプラスチック部品は、現在、産業廃棄物として埋立て処理されているが、埋立て処理場の減少や環境汚染等の問題に直面している。また、われわれの生活する地球では、プラスチック原料となっている石油資源の枯渇、地球温暖化が深刻な問題となっており、地球規模での環境問題が叫ばれている。

*Takashi OURO, 柿原工業(株) 新プロセス開発室
〒721-0956 広島県福山市箕沖町 99-13

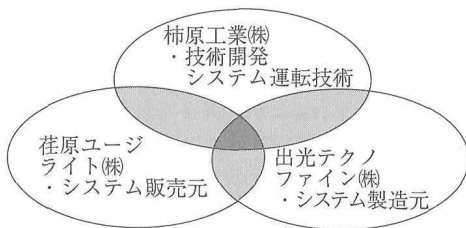


図1 3社の役割

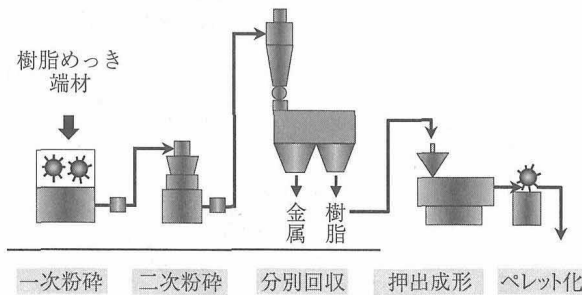


図2 リサイクルプラントのシステム構成

樹脂めっき業界においては、1962年にアメリカで樹脂めっき技術が発表されて以来、日本国内で盛んに研究が行われ、今日では自動車部品、家電製品、水洗金具部品、アミューズメント部品等に必ずといってよいほど、さまざまな部分に使用され急速に発展してきた。樹脂めっき部品の環境問題は、プラスチック部品以上に深刻で、めっき金属と樹脂とが強固に密着しているがために、リサイクルが困難なモノとして産業廃棄物として埋立て処理または熱回収も行っていない熱焼却処分されているのが実情である。また一部では廃棄物を海外輸出するといった海外投棄的なことが行われているといわれている。

われわれめっき業界に携わるものとしては、地球環境問題に貢献するために、なんとしても現状システムを循環型にする樹脂めっきリサイクルシステムを導入すべきであると考えます。

1. リサイクルシステム開発の背景

柿原工業(株)が樹脂めっきリサイクルについて本格的に考え始めるきっかけとなったのは、2000年にドイツでPOPリサイクル法と呼ばれる樹脂めっき中の銅めっきの使用を禁止する規制が検討されているとの話が出たからである。その当時、ドイツでは「めっき金属から銅を除いたニッケル・クロムで構成された装飾めっき品であれば、めっき部品が端材となった場合でもステンレスの原料として容易にリサイクル可能となる」とのことであった。いわゆる銅フリーめっきである。当社も、この銅フリーめっきプロセスの自動めっきラインを2000年9月に導入し試験を重ね、2003年9月より自動車部品で量産を開始した。

しかし、めっき側では銅フリーめっきの量産化は始まったが、リサイクル側ではドイツでも未だ分別回収方法が確立されてはいない。

そこで、この銅フリーめっきの端材リサイクルのシステム構築に乗り出し、出光テクノファイン(株)と荏原ユーザライト(株)および柿原工業(株)の3社で、マテリアルリサイクルが可能な樹脂めっき部品のリサイクルシステムの開発に取り組み、実証プラント実験を経て、2004年度に一連のリサイクルシステムを販売するに至った(図1)。

2. リサイクルシステムの概要

3社で開発に取り組んできたリサイクルシステムについて解説する。このリサイクルプラントは、図2に示すように、①めっき品を粉碎する粉碎機(一次粉碎)、②さらに微粉化する二次粉碎機、③分別回収装置、④押出成形機、⑤ペレット化装置より構成される。

2-1. 特長²⁾

(1) 粉碎機

まず、一次粉碎機でめっき品を粗粉碎し、二次粉碎機でさらに微粉碎化している。二次粉碎機は高速で回転す

る刃物により樹脂を切断し微粉化を行っているため、切断の際に発熱が生じる。一次粉碎で十分に粉碎を行わないと、二次粉碎で発生する発熱量が多くなり樹脂が溶解してしまう恐れがある。本システムは二次粉碎による発熱が55°C以上になると、粉碎が停止するようになっている。

また、二次粉碎機内にはメッシュスクリーンが設けられており、網目径の違うメッシュスクリーンを取り付け交換することで、二次粉碎の粒径を変化させることができる。スクリーン網目径が大きくなるにつれて、二次粉碎品の粒子径は大きくなる。

樹脂めっき品は、金属、樹脂が付着した金属、樹脂の3種類に微粉子化されている(写真1)。

(2) 分別回収装置

二次粉碎品は次に分別回収装置へ運ばれ分別回収を行う。めっき皮膜に含まれるニッケル・クロムの磁性を利用し、磁力で分別回収する仕組みである。微粉砕品を磁力選別することで、金属と樹脂が付着した金属は金属回収分として、樹脂は樹脂分として分別回収する。

(3) 押出成形機、ペレット化装置

分別回収した樹脂分は押出成形機とペレット化装置を用いてペレット化し、再度成形原料として利用する。

以上のように、本リサイクルシステムは物理的に樹脂とめっき金属とを分離する方法である。薬品を用いてめっき金属を溶解し樹脂を回収する化学的な方法もあるが、薬品による樹脂の劣化や樹脂内に残った残留薬品により、次工程での成形において成形金型を腐食させるという問題がある。本システムでは、それらを解消できる点が特長である。

3. 実証プラントによる稼働実験成果

3-1. 回収純度と物性試験

銅フリーめっき品の端材を使用し稼働実験を行ったところ、約99.9%の高純度で樹脂分が回収できた。また、回収した樹脂をバージン原料に混ぜ重量比20~80%に調整したものと、回収樹脂ペレット100%、バージン原料100%の計6種類について物性評価を行った結果を表1に示す。その結果、破断伸びについてのみ、回収樹脂の比率が高くなるにつれて、伸び率が低下する傾向を示し



写真1 樹脂めっきを微粉砕化したときにできる微粒子の種類

表1 物性試験結果(銅フリーめっき品からの回収樹脂)

試験項目		バージン 100%	20% リサイ クル	40% リサイ クル	60% リサイ クル	80% リサイ クル	100% リサイ クル
引張試験	引張強さ(降伏)(MPa)	42.6	42.2	43.0	43.3	42.9	42.4
	破断伸び(%)	25.0	27.5	19.6	18.0	18.5	17.4
	弾性率(MPa)	2340	2330	2310	2280	2320	2310
試験曲げ	曲げ強さ(MPa)	68.7	68.7	68.1	68.8	68.2	68.3
	弾性率(MPa)	2380	2410	2380	2390	2360	2380
荷重たわみ温度(°C)		79.4	79.0	79.4	79.3	79.8	80.3
シャルピー衝撃強さ(kJ/m ²)		23.7	23.7	23.7	23.0	23.1	22.4
ロックウェル硬さ(HRR)		112.3	111.5	11.0	111.3	111.4	111.2
線膨張率(×10 ⁻⁵ /°C)		8.51	8.26	8.27	8.17	7.93	8.46

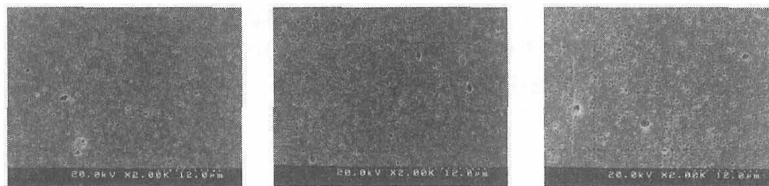


写真2 エッチング表面 SEM 観察写真(エッチング10分, ×2,000倍)

たが、他の項目についてはバージン原料と差異はなく、物性の低下はきわめて低いということが分かった。

3-2. 成形、めっき性試験

回収樹脂100%の原料を使用し、成形およびめっき試験を行った。リサイクル実験を行う前の同じ製品に成形する試験を行ったところ、成形は可能であった。通常条件と同じ成形条件で成形を行ったが、かなり流動性がよく、一部で樹脂焼けが発生した。また、シリング内に長時間滞留させると樹脂の変色が起こった。リサイクル樹脂はバージン原料よりも熱の影響を受けやすく、成形条件を調整する必要があった。めっき試験も同様に、バージン成形品と同じめっき条件で試験を行った。その結果、バージン成形品と遜色ないめっきが可能であった。密着力(ピーリング強度)もほぼ同レベルである。

また、めっきエッチング工程での樹脂の表面状態を、

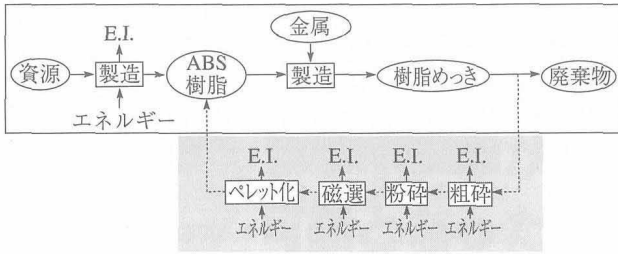


図3 LCA 検討範囲 (リサイクル ABS 製造プロセス)

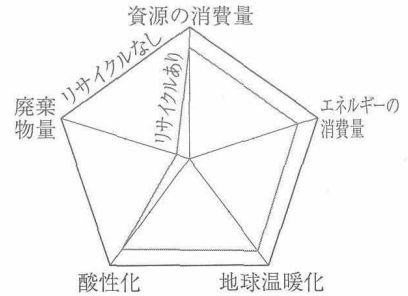


図4 リサイクルシステム導入による環境負荷への影響

表2 リサイクルシステム導入による ABS 製造のイベントリー比較

(a) バージン ABS の製造プロセス

投入原材料		生成物		排出物		
電気	0.917 kWh	ABS	1 kg	CO ₂	2.51	kg
原油	1.60 kg			NO _x	0.0048	kg
LNG	0.0247 kg			SO ₂	0.0025	kg

(b) リサイクル ABS の製造プロセス

投入原材料		生成物		排出物		
電気	1.41 kWh	再生 ABS	1 kg	CO ₂	0.576	kg
めっき不良品	1.91 kg			NO _x	3.23 E-04	kg
				SO ₂	4.36 E-04	kg

走査型電子顕微鏡を用いて観察を行った結果を写真2に示す。バージン原料とリサイクル原料とも、同等にエッチングされていることが観察された。

3-3. 銅の存在するめっき品のリサイクル性

ここまで、銅フリーめっき品について述べてきたが、現在市場に出回っている装飾樹脂めっき品は銅が存在するめっき品（以下、銅ありめっき品）である。そこで、本システムでの銅ありめっき品のリサイクル性についても実験を行った。

その結果、樹脂として回収される比率は高くなるが、純度は約99.5~99.7%となり、同フリーめっき品と比較して低下が認められた。銅は磁性がないため、樹脂回収分側へ銅が取り込まれて回収比率が高くなり、純度が低下するものと考えられる。

成形性については銅フリー品と比べて外観レベルが若干劣るが、問題なく成形は可能であり、まためっきも可能であった。今回の試験で実施してはいるが、バージン原料をある程度の割合で混ぜて成形で使用すれば、外観レベルもアップさせることができると思われる。

4. システム導入による環境負荷影響度³⁾

樹脂めっき端材をリサイクルすることで石油資源の有効利用にはつながるが、リサイクルシステムを稼働させることで各種エネルギーを消費する。「本システムが果たして実際に環境に対して優しいのか？」ということにつ

いて、産業技術総合研究所の大矢仁史氏に LCA 手法を用いた環境負荷評価を依頼した。LCA 手法とは「製品の環境への影響を、その製品のライフサイクルを通じて評価する手法」で、環境負荷物質の排出量や地球温暖化などの地球環境影響度を検討することが可能である。LCA の検討範囲としては、ABS 樹脂にめっきしたものを対象として、めっき加工工程中で発生した端材を用いたリサイクルについて考えた。

また、金属成分のリサイクルとめっき工程は検討範囲対象外とし、ABS 樹脂の製造工程とリサイクルシステムの環境負荷を比較した。検討範囲図を図3に示す。

表2に示すように、本リサイクルシステムによって製造した再生 ABS 樹脂はバージン ABS 樹脂と比較して、CO₂ 排出量を約75%低減できることが分かった。また図4に環境負荷項目別に比較したグラフを示す。これらの結果より、本リサイクルシステムは環境負荷を大きく削減できることを確認した。

柿原工業では、本リサイクルシステムを2002年に導入して以来、自社工場内で発生する樹脂めっき端材のリサイクル活動を行っている。金属回収分には樹脂を含んではいるが、有価金属として金属回収業者へ販売することが可能であり、樹脂回収分は自社製品の成形に使用し再利用している。しかし、このように社内的なりサイクル活動だけに留まっているのが現状である。

われわれ3社は、このリサイクルシステムが高効率で樹脂を再生することが可能な、環境に優しいプロセスであることをアピールしていくとともに、再生樹脂の利用が広く社会的に認知されることを望んでいる。

〈参考文献〉

- 1) 環境省編, 循環型社会白書平成16年版, (株)ぎょうせい, p. 57/58 (2004)
- 2) 王路貴史, 野田義則, 柿原邦博, 近畿アルミニウム表面処理研究会講演発表大会要旨集, p. 13/14, 大阪 (2004)
- 3) 大矢仁史, 遠藤茂寿, 大山茂, 第15回廃棄物学会講演論文集 (投稿中)