＜特集/電磁波シールド＞

導電性プラスチック —マイカ充てん材による—

神戸 徳 造*, 熊 谷 八百三**

Plastics Compound Containing Fillers

Tokuzo KANBE*, Yaomi KUMAGAI**

導電性充てん材をプラスチックに混入して導電性を付与して電磁波障害に対処する方法によって、重要な充てん材の問題、ハウジングの問題等について解説する。

1. はじめに

電磁波障害対策は電子機器ハウジング内を金属化するか、金属性ハウジングを使用するか、が先行している。しかし、プラスチックハウジングの大量生産性、軽量化、コストダウン等の有利性から、導電性プラスチックがアメリカを中心に急速なスピードで発展し、日本においてもようやく実用段階のスタートがきられた状態であって、今後大いに期待できるものである。

2. 導電性充てん材

ここで述べる導電性プラスチックは導電性充てん材をプラスチックに複合化したものをいい、プラスチック自体が導電性を有する、いわゆる導電性高分子ではない。よって導電性コンパウンドプラスチックか、これを短かくした導電性コンパウンドという言葉の方が誤解されないで良いと思う。

導電性充てん材は3種類に大別できる。(1)粉末状充てん材(2)フレーク状充てん材(3)繊維状充てん材である。

(1) 粉末状充てん材としては、アルミニウム、ニッケル、銀、銅などの粉末、カーボンブラックなどがある。

(2) フレーク状充てん材としては、アルミニウム、ニッケルなどのフレークやニッケルめっきしたマイカ(雲母)などがある。

(3) 繊維状充てん材としては、アルミニウム、黄銅、ステンレスなどがある。

(1)の粉末状充てん材は導電性を付与するために、多量の充てんが必要となる。なぜならば、導電性コンパウンドの電気特性は導電性粒子の接触によって起こるものと思われる。

(2)のフレーク状充てん材は粉末に比べ同一充てん量でフレーク同志の接触の機会が多く、充てん量をへらすことが可能である。

(3)の繊維状充てん材は混練、射出の工程で繊維が折損するおそれがある。使用金属の導電性が導電性コンパウンドにした場合の性能に直結しない。例えば、アルミニウムコンパウンドよりも、導電率の小さいアルミニウム合金パウンドが良いとか、ステンレス・スチールコンパウンドの方が良いと言う場合もある。これはステンレスの表面がアルミニウムよりはるかに化学的に安定であり、導電性コンパウンド製造の工程において酸化されにくいからである。

次に、無電解めっきの利用によってマイカ表面にニッケル、銅等の金属皮膜を形成させることによってつくられる導電性充てん材について述べる。めっき浴には金属イオンと還元剤の組み合わせ

通産省工業技術院 製品科学研究所
*応用性能部長 **複合技術第2課主任研究官
〒305 茨城県筑波郡谷田部町東1-1-4
☎0298-54-6604

*Industrial Products Research Institute, Ministry of
International Trade & Industry
1-4, Yatabe-cho, Higashi 1-chome, Tsukuba-gun,
Ibaraki 305

表1 マイカの粉体物性

グレード(#)	重量平均フレーク径 (μm)	平均厚さ (μm)	重量平均アスペクト比	比表面積 (m^2/g)
20	1,300	15	87	—
60	190	3.4	79	0.4
200	65	1.4	65	1.0
325	20	0.8	35	2.9

せによって多数の浴が考えられる。ここでは表1の60#を主として選んでNi-P合金めっきを行った場合次の反応式に従ってめっき反応が進行するが、めっき皮膜はニッケル以外にリンを含む。

この反応始動にはマイカ表面の触媒性が必要となり、そのための表面処理を必要とする。1度マイカ表面上にニッケル金属が析出すると、それ自体の持つ触媒活性によって反応が継続する。特に表面処理工程の適否によってめっきの容易さ、密着力が影響を受ける。電気めっきに比べ、触媒や還元剤を必要とし、コストは高くつくが次の様な特徴を持つ。

- 1) 茶褐色粉体から導電性があり、かつ金属光沢を持つシルバー色の粉体に変わる。
- 2) 均一で緻密な導電性皮膜が短時間に得られる。
- 3) 導電性は皮膜中にリンを約8%包含するため純ニッケル金属に比べて多少劣る。
- 4) 内部マイカの密度は $2.7 \sim 2.9 \text{ g/cm}^3$ であるため、ニッケルめっき粉体の比重は比較的小さい。

粉体のめっき時点において特に留意することは表1に示すように粉体の表面積が非常に大きいために急激な反応が起り大量の水素が発生する。従ってめっき浴面積に対する粉体の投入量とその攪拌方法を考慮することと、反応を制御しながら薬液を浴中に補充する方法を工夫する必要がある。図1に粉体のめっき工程の概略図を示す。

プラスチック充てん用フィラーとして用いられるためには、加工時にマイカ自身劈開または破損しない強さを必要とする上に、

- ① 混練、射出成形に耐える皮膜の密着力を保

持している。

- ② 表面全体が均一に被覆されていること。

③ リン含有量が少なく、導電性の優れた皮膜であること、などが要求される。リン含有量はめっき液のPHに大きく関係するため、アルカリ性のめっき液の方が、リン含有量が少なく、同一厚さの場合導電性はすぐれている。

無電解めっき法で充てん材を作る場合高価なものになるが、コストを下げるためには次のことが挙げられる。

- ① 表面処理工程を簡略化すること。また高価な貴金属触媒の使用量をできる限り少なくして、繰り返し使用可能とする。
- ② 比較的低温で反応する浴を選ぶ。
- ③ めっき浴中の金属塩、還元剤以外のものを繰り返し使用可能とする。
- ④ 少ない金属付着量で、導電性の優れた皮膜を形成させる。

図1 粉体のめっき工程

⑤ アスペクト比が大きく、比表面積の小さな安価な粉体を使用する。

⑥ めっき廃液の有効利用を図る。

⑥に関しては現在めっき工場からの廃液中から4～5 g / lのニッケル金属を、マイカ粉体上に回収できる方策を見い出すことができています。

3. 導電性コンパウンドハウジング

導電性充てん材をプラスチックと複合化して導電性コンパウンドハウジングを作る場合、コンパウンド化によって、充てん材がどのような状態になっているかが問題である。① 最終製品になった時の充てん材の状態はどうか。② 充てん材の比率はどうか。③ 最終製品の表面層と内部層の充てん材の比率はどうか。④ 最終製品としての外観はどうか。⑤ コンパウンド化による重量増加はどうか。⑥ 強度変化はどうか。この様に数多くの問題がある。

① の場合は粉末、フィラー状の充てん材は問題があまりないが、金属繊維状の充てん材では折損

の問題がある。

② の場合はコンパウンドのゲート部分と末端部分で充てん材の分布に差があることがある。

③ の場合は最終製品の内部に充てん材の密度が高く、表面層は充てん材が少くないことが望ましい。

④ の場合は最終製品として外観が思わしくないようでは、2次加工として塗装を行う必要が生じてくる。

⑤ の場合は目的とするシールド性を付与するために、充てん率を多くすること、プラスチックの軽量性をそこなうことになる。

⑥ の場合は充てん材の種類と充てん量によってプラスチックの強度は変化する。一般的には充てん量が多いと強度低下の恐れがある。

一般的に、粒子分散材によって複合効果を持たせるためには、(1) フレーク状の粒子形態であること、(2) 高アスペクト比であること、(3) 弾性率が高いこと、(4) 成形金型の磨耗が少ないこと、(5) 値段が安いことなどがあげられる。表2に充てん材の種類による複合化特性を示す。

表2 充てん材の種類による複合化特性

特性 \ 充てん材の種類	導電性繊維	金属フレーク	導電性粉末
分散性	短いものは良い	良好	良好
軽量性	炭素繊維 アルミニウムは良好	アルミニウムなどの 軽金属は良好	炭素以外は一般に重い
射出成形性	良くない	良好	良好
耐強度性	良好	多少問題がある	多少問題がある
外観性状	問題あり	大きなフレークは 問題がある	良好
単価	安い	アルミニウムは安い Niなどは高い	炭素以外は高い

表3 導電性コンパウンドプラスチック

導電体	Alフレーク	Ni-マイカ	炭素繊維	黄銅繊維	Al繊維	黄銅繊維
樹脂	ABS	PP	PBT	ナイロン6	ABS	ABS
シールド性 (dB)	40～60	38	38～45	20～50	30～60	
比抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}$)	2×10^{-1}	5.1×10^{-1}	10^{-1}	$10^{-2} \sim 10^0$	$10^{-2} \sim 10^{-1}$	10^{-2}
比重	1.36	1.56 (25 vol%)	1.45	2.2	1.51	2.1

図2 電磁波測定装置

図3 電磁波透過損と体積固有抵抗の関係

4. 電磁波シールド性

FCCの電磁波シールド性では、30MHz～1,000MHzまでを3段階に分けて最大許容量を決めており、最低でも30dB以上を必要としている。

図4 アルミニウムコンパウンド製品各部の体積抵抗率

表3に導電性コンパウンドプラスチックのシールド性を示す。

図2の4GHzの電磁波測定装置を用いて、 $\text{dB} = 10 \log \frac{P_i}{P_t}$ 式にて透過損失を求めた。

P_i は入射電力、 P_t は透過電力である。

4GHzにおける電磁波透過損失 (dB) と体積固有抵抗の関係を図3に示す。

図3はマイカ60#粉体に種々の厚さにニッケルを付着させ、これをポリプロピレンに体積分率で15%、30%の充てんをした複合材料の体積固有抵抗と電磁波透過損失の関係である。

この図より体積固有抵抗が1Ωcm以下になると急激に電磁波透過損失が増大することがわかる。

アルミニウムフレークをコンパウンド化したハウジングの各部における体積抵抗率を示したものが図4で、ゲート部とそれ以外との差は最高で1桁位の相違で大きな差のないことを示す。(図4製品各部の体積抵抗率と、製品展開図を参照)

No.	サンプル位置	体積抵抗率 (Ω・cm)	
0	ゲート部	9.3×10^{-1}	9.3×10^{-1}
1-1 1-2 1-3 1-4	ゲートより 20cm	5.8×10^{-1} 2.5×10^{-1} 3.0×10^{-1} 4.1×10^{-1}	$2 \sim 6 \times 10^{-1}$
2-1 2-2 2-3 2-4	ゲートより 30cm	1.7×10^{-1} 4.7×10^{-1} 2.0×10^{-1} 5.5×10^{-1}	$1 \sim 6 \times 10^{-1}$
3-1 3-2 3-3 3-4	ゲートより 40cm	1.2×10^{-1} 4.8×10^{-1} 1.3×10^{-1} 3.3×10^{-1}	$1 \sim 5 \times 10^{-1}$
4-1 4-2 4-3 4-4	ゲートより 50cm	2.0×10^{-1} 3.6×10^{-1} 1.7×10^{-1} 4.2×10^{-1}	$1 \sim 5 \times 10^{-1}$

図 5 導電性フィラー混入 vol % とトルクの関係

5. 成形特性

(1) 熔融加工特性

P Sにカーボン及び金属フィラーを混入した場合の熔融加工特性を図 5 に示す。図よりカーボン系は粘度の増大が著しいが、金属系は20 vol %添加でもトルクは2倍程度である。

よって、カーボンは高トルクとなるため、押出

し、射出成形加工とも負荷容量の大きい成形機の使用が望ましい。

(2) 金型特性

射出成形用金型としては、繊維状と非繊維状によって射出成形時の成形収縮率や金型の磨耗に影響が出る。とくに繊維の長さにより例えば、ミルドファイバー、短繊維、長繊維によると、この順にしたがって成形収縮率は流れ方向による差が大きくなり、同時に金型の磨耗も大きくなる。

次に非繊維状のもので粉末状のものは射出成形収縮率の流れ方向による差は小さい。金型の磨耗への影響は充てん材の硬度の高いものが大きく、粉末形状が丸い球状のものは角ばったものより磨耗量小さい傾向を示す。表 4 に成形収縮率の方向性を示す。

以上の観点から複合材料の射出成形金型設計には、次の点を留意することが必要である。

- ① 成形収縮率が小さく、方向性がある。
- ② 金型が磨耗する。
- ③ 材料の流動性が劣る。

表 4 成形収縮率の方向性

樹脂名	充てん材	ゲート方向(%)	ゲート直角方向(%)
ポリアセタール	単 味	1.5 ~ 2.0	1.5 ~ 2.0
	ガラス繊維 25%	0.5 ~ 0.6	1.2 ~ 1.3
	ガラスビーズ 25%	1.2 ~ 1.5	1.1 ~ 1.4
ナイロン 66	単 味	1.0 ~ 2.2	1.0 ~ 2.2
	ガラス繊維 30%	0.2 ~ 0.5	0.6 ~ 0.9
	ガラスビーズ 30%	0.8 ~ 1.0	0.8 ~ 1.0
ポリカーボネート	単 味	0.5 ~ 0.8	0.5 ~ 0.3
	ガラス繊維 30%	0.1 ~ 0.2	0.2 ~ 0.4
A B S	単 味	0.3 ~ 0.4	0.3 ~ 0.4
	ガラス繊維 20%	0.1 ~ 0.3	0.2 ~ 0.4
P B T	単 味	1.4 ~ 1.7	1.4 ~ 1.7
	ガラス繊維 30%	0.1 ~ 0.2	1.0 ~ 1.2

成形条件は標準に近い。成形品は t = 2 の角形テストピース

6. おわりに

参 考 文 献

導電性充てん材を用いたプラスチックでの電磁波シールド対策について述べたが、安定したシールド性を付与するためには、成型上の問題に留意して材料、条件を選ぶ必要があり、合理的な加工法とそれに適した導電性充てん材を開発することが重要である。したがってユーザー、原料メーカー、加工メーカーの共同体制をとって開発を進められることが望ましい。

- 1) 神戸徳蔵; "昭和58年度国有特許説明会資料" 財日本産業技術振興協会 (1983. 4. 28)
- 2) ダイヤリサーチ / 解析調査室; "電磁波シールド材" 日工マテリアル 2 (1) 101 (1984)
- 3) 神戸徳蔵; "無電解めっきの用途" 第9回電気化学セミナー 39 (1983)
- 4) 熊谷八百三; 製科研ニュース 15 (2), 3 (1983)
- 5) 長谷川 正; プラスチック 34 (12), 26 (1983)
- 6) 窪武彦, 南政光; プラスチック 34 (12), 38 (1983)
- 7) 堀江正嘉, 滋埜忠興; プラスチック 33 (9), 43 (1982)

技術ニュース

超省力自動塗装ライン稼動
ゼネラルのエアコン工場

(株)ゼネラル(本社・川崎市)は同社エアコン製造の主体工場の中部ゼネラル(本社・静岡県細江町)にエアコン・キャビネットの板金、溶接、粉体塗装の超省力化一貫ライン設備を完成、昨年12月から本格稼動に入った。

板金素材の供給からプレス、溶接、粉体塗装を同一ラインで一貫自動生産するのはわが国初めてといわれる。

このラインはコンピューター・コントロールされており、素材供給1名、オペレーター2名、仕上り外観

チェック1名の計4名で稼動する超省力自動化工場となっている。

とりわけ塗装工程では1つのハンガーに2種類の被塗物を吊るし、異なった色の粉体塗装を2台のレシプロ塗装ロボットで殆ど同時に塗り分けるシステムになっており、2色塗りラインを半分に短縮させたことは注目に価する。

溶接には7台のスポット溶接ロボットを使い短時間に溶接を完了する。前処理は脱脂と化成処理を合理化、リン酸処理をやめてクロメート処理一本にしぼった。もちろん完全クロージドシステムとし無公害化してある。

素材はめっき厚の大きい溶融亜鉛めっき鋼板を採用、クロメート処理及びポリエステル系塗料の採用と相

まって従来の1.5～2倍の耐食性向上が図られているという。

ポリエステル系塗料は薄膜化が可能で仕上り外観もよいことから採用されたが、もっと低温硬化形の塗料が望まれるとのこと。

塗膜厚は40～50 μ mで、焼付温度180℃となっている。部材運搬費のカットや塗着効率(98～99%)の向上によってコスト・メリットが出ているという。

一貫ラインは全長60m、コンベア・スピード2～2.5m/分、生産能力60万台/年、床面積1,720 m^2 で、天井に自動化倉庫があり、2直稼動してできたキャビネットを一直の組立てラインに送るまでストックする。設備投資額10億円。(59. 2. 2 日本塗料新聞より)

叩 * 4,000台突破 *
めっき厚の品質管理に!!

金めっきまで測れます。

**● 電解式めっき
厚さ測定器**

株式会社 **中央製作所**

本社・工場
営業所

(カタログ進呈)
名古屋市瑞穂区内浜町2丁目75番地
〒467 ☎ <052> 821-6111(大代表)
東京 <03> 432-1571
大阪 <06> 762-1901
福岡 <092> 522-1785
新潟 <02563> 4-8394

NEW MODEL