

# 鉄に新たな機能をのせる表面処理技術

## — 家電用鋼板編 その2

「表面処理」の目的には、主に2つある。一つ目は、錆から鋼板を守ることと欠点を補うこと。耐食性、耐久性、耐熱性、潤滑性、導電・絶縁性、下地処理などを持たせることだ。二つ目は、鋼板に新しい機能を付与し、指紋がつきにくい性質(耐指紋性)、抗菌性、汚れにくい性質(防汚性)などを持たせることだ。(図1)

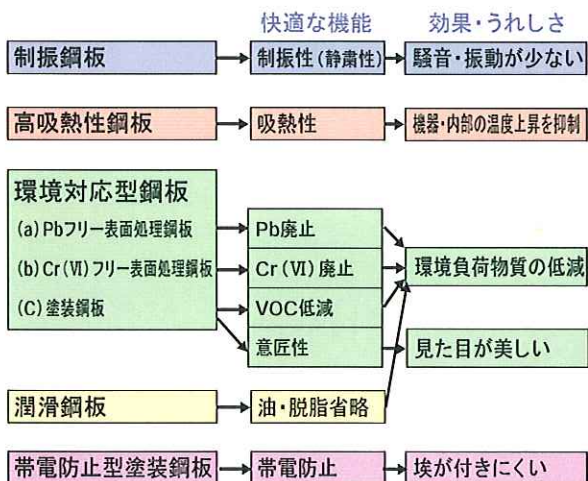
シリーズ2回目となる今号では、鉄への「新たな機能の付与」と「鉛フリー」に焦点をあて、その技術動向を紹介する。

### 表面処理の目的

図1



### 「くらしを快適にする鋼板」とその効果 図2



## 家電メーカーでの加工・組立工程を効率化—「潤滑鋼板」

近年の家電向け表面処理鋼板の技術開発はどのような動きになっているのだろうか。

亜鉛めっきに関する技術はすでに大きな進歩を遂げている。新日鉄では、亜鉛めっきの表面に施される「機能処理」のバリエーションを増やすことで、家電メーカーの多様な性能要求に合わせた新たな機能を生み出し続けている。

現在では、基本的性能の「耐食性」「加工性」「意匠性」に加え、環境負荷物質の低減や、新機能を付与した表面処理鋼板へのニーズが高まっている(図2)。

まず、客先での加工・組立工程の効率化に貢献する技術をいくつか紹介しよう。

鋼板は「プレス成形」によって部品の形状に成形される。このとき鋼板と金型との摩擦を低減し、複雑な形状の作り込みを可能にするとともに、鋼板の疵や金型の摩耗を防止するために、潤滑性が高い「プレス油」が使われる。プレス後にはプレス油を除去・洗浄する、即ち脱脂する工程が必要になる。このプレス油を使わずに連続プレス成形することを可能にしたのが「潤滑鋼板」だ。

潤滑鋼板は表面に自己潤滑機能を持つ皮膜をつけているため、プレス油を使う必要がない。家電メーカーでの塗油・脱脂工程を不要にし、作業環境の改善と環境負荷低減を実現した。プレス加工時には鋼板表面に強い圧力が加わるが、その条件で摩擦を小さくできる皮膜性能をニーズに応じて開発している。

潤滑鋼板は、新日鉄が独自に樹脂設計し、潤滑剤の種類と量を緻密に制御して作り込んだものだ。金型とポンチの間を鋼板がスムーズに滑るため、強い力が加わっても割れずに複雑な形状まで成形できる(写真1)。

潤滑鋼板にも豊富なバリエーションがある。新日鉄は求められる性能に応じて機能を作り分けている。例えば、石油ファンヒーターのカートリッジタンクでは、皮膜自体が耐食性に優れた「塗装」の役割を果たすため、プレス加工がしやすいだけではなく、加工後の塗装を省略しても耐食性が確保で

### 潤滑鋼板

#### 潤滑性能の比較を深絞り時の割れで見る 写真1



「潤滑鋼板」(写真左)は、プレス油がなくても、金型とポンチの間を鋼板がスムーズに滑るため、複雑な形状であっても割れずに成形できる。プレス油を使った通常の鋼板(写真右)を上回る成形性を実現。



きるという、一石二鳥の効果がある。

最近では、飲料の自動販売機でも採用が広がっている。自動販売機の内部に使われる鋼板で、ペットボトルが取り出し口までスムーズに滑り落ちるように「潤滑性」を持ちながら、長い間の使用に耐える「耐磨耗性」にも優れる潤滑鋼板を開発し、好評を得ている。

このように、皮膜に使う樹脂の設計・開発と、潤滑剤などの機能剤を最適設計することにより、潤滑性能はもちろん、「耐食性」「加工性」「導電性」など他機能とのバランスを制御したさまざまな皮膜を開発している。母材となる鉄、亜鉛めっき、そして上に載せる樹脂を知り尽くし、的確な材料設計を導く技術力が新日鉄の強みだ。

塗装鋼板でも静電気が発生しにくい「帯電防止型塗装鋼板」も、家電製品への採用が広がっている。塗装鋼板(プレコート鋼板)とは、製鉄所であらかじめ(プレ)塗装(コート)した鋼板のこと(新日鉄の商品名:ビューコート<sup>®</sup>)。従来、塗装鋼板等を成形し運搬する際、静電気で埃が付着するため、拭き取りや埃付着防止といった作業が発生していた。塗装鋼板が加工・搬送中に摩擦を受けると静電気が発生し、周囲の埃が付着してしまうのだ。

新日鉄は、摩擦が起きた時に静電気が発生しにくく、帯電しにくい塗膜からなる「帯電防止型塗装鋼板」を開発。従来型の塗装鋼板に比べて帯電電圧(新日鉄比較試験結果)を1/4に低減できる塗膜を開発した。埃の付着が大幅に減少し、加工や組立時の省工程・省力化に大きく寄与している。加工性や成形性、耐薬品性などの基本性能は従来の塗装鋼板と同等であり、OA機器やAV機器なども含め、塗装鋼板が広く使われている家電製品を中心に今後の拡大が期待される。(図3、4、写真2)。

もちろんこれらの皮膜は全てクロメートフリー化されている。

## 家電製品に「新たな価値」を付与する鋼板を追求

家庭での製品使用時でも、表面処理による機能が新たな価値を生み出している。

例えば、AV機器などで好まれるメタリックな光沢は、指先の脂が付くと、その部分の色調が変わることで、指紋が目立っ

てしまう。見栄えが悪く、拭き取る手間もかかる。

そこで新日鉄では、鋼板表面における光の屈折率などを解析し、指先の脂が付いても目立ちにくい特殊な有機皮膜を開発した。加工・組立工程も含めて耐指紋性へのニーズは大きく、AV機器やPCのボディなどでは既に前提条件となっている。

汚れが付きにくい「耐汚染性」も、家電製品の必須条件だ。例えば、冷蔵庫などキッチンで使われる機器では、油や調味料などをこぼした時に簡単に拭き取れる性能が求められる。洗剤や漂白剤等、キッチンで使われる薬品への耐久性も必要だ。

一般に塗装鋼板では、硬い塗膜ほど、分子同士が密接に結び付いている。そのため、汚れが染み込みにくく拭き取りやすいが、加工性は悪くなるので製品形状にプレス成形することが難しい。軟らかい塗膜にすれば加工性は良くなり、成形は容易だが、汚れが染み込みやすい(耐汚染性が悪い)。単純な塗膜では加工性と耐汚染性の両立は難しい。

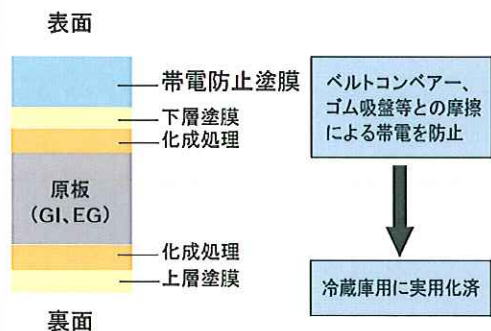
この問題を解決するため、新日鉄では、塗膜の表層だけを硬くし内部は軟らかくする「傾斜型塗膜」を開発した。ポリエステル樹脂を、硬いメラミン樹脂(\*)で結合(架橋)させ、分子構造の密度を高くして塗膜を硬くする技術だ。かつ、塗膜を加熱(焼付け)する工程で塗装表面だけに硬いメラミンを集積させることで、表層は硬く汚れが染み込まない機能をもたせ、塗膜内部のメラミンは少なくすることで軟らかく加工性に優れるという、画期的な塗膜を確立した(図5)。

外部に熱を逃がす「高吸熱性鋼板」。近年、電気機器の「高性能化」「高集積化」「小型化」に伴い、熱に弱い電子部品などを守るため、機器内部で発生する熱を効率良く外部に放出する機能が求められている。電気機器は高性能化により発熱量が増える一方で小型化が進み、体積当たりの熱負荷は大幅に増加している。新日鉄は、シャーシ(筐体)内面側に吸熱性に優れる皮膜を施し、内部で発生した熱を効率的に外部に逃がすことができる「高吸熱性鋼板」を開発した。

技術開発のポイントは、機器の内部で発生する熱を吸収しやすい皮膜の開発にある。内部の熱は赤外線によって放散されているため、熱を吸収しやすいとはつまり、赤外線を吸収しやすいということ。皮膜を構成する樹脂や添加する物質、顔料の分子設計により、機器内部で発生する熱=赤外線を速やかに吸収し、鋼板を介して外部へ逃がしやすい皮膜性能を

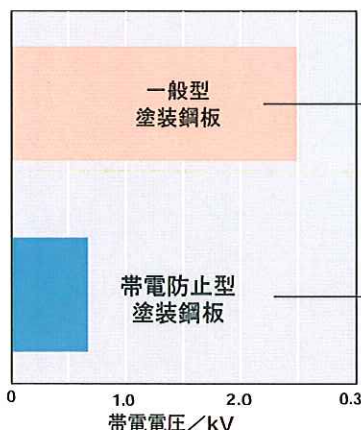
## 帯電防止型塗装鋼板

### 皮膜構成



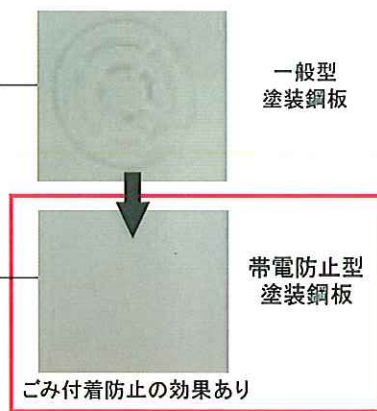
従来型の塗装鋼板に比べて帯電電圧を1/4に低減する(新日鉄比較試験結果)。埃の付着が大幅に減少し、加工や組立時の省工程・省力化に大きく寄与する。

### 図3 帯電性能の比較



### 図4 ゴミ付着防止の効果 写真2

(ゴム吸盤跡をつける実験)



\*メラミン樹脂: 化合物中にアミノ基(-NH<sub>2</sub>)を有する樹脂のひとつで、アミノ樹脂として総称される。電気的特性、耐溶剤性に優れ、成形材料や塗料・木工用接着剤・化粧板用などに多用される。鋼製デスクの天板表面などに使われるメラミン樹脂は意匠性にも優れる。



導き出している(図6)。

従来の亜鉛めっき鋼板に比べると、機器内部の温度を、約10℃も低減(新日鉄試験結果)ができるため、電気機器の放熱用ファンの省略や、放熱用の孔の削減ができる可能性がある。放熱用ファンの省略は、デザイン性や静粛性の向上に寄与し、放熱用の孔を減らすと電磁波シールド機能も高められる。亜鉛めっき鋼板の両面に吸熱皮膜を施した利用も可能だ。

2枚の鋼板の間に厚さ数十μmの樹脂を挟み、音や振動を吸収するサンドイッチ型の「制振鋼板」。音や振動によって鋼板が変形すると、樹脂が「ずり変形」することで変形エネルギーを吸収して音や振動を減衰させる(図7)。機器の騒音を低減し、不快な騒音を減らしてくれる鋼板だ。パソコンのハードディスクカバーや自動車部品に採用され、定着している。この「制振鋼板」を供給しているのは、国内では新日鉄だけだ。

## 環境負荷低減への挑戦—鉛フリー化

表面処理鋼板に求められている大きなニーズのひとつが「環境負荷物質の低減」だ。中でも、前号で紹介した6価クロ

ムを使用しない「クロメートフリー」と、鉛を使用しない「鉛フリー」は、表面処理技術の必須条件になっている。

鉛フリーが求められるのは、家電機器内部の基板やシャーシなど、半田付けされる電子部品の世界が中心だ。新日鉄では、[錫-鉛合金]からなる半田との相性(濡れ性)が良い[鉛-錫合金]めっきである「ターンシート」を長らく提供してきた。

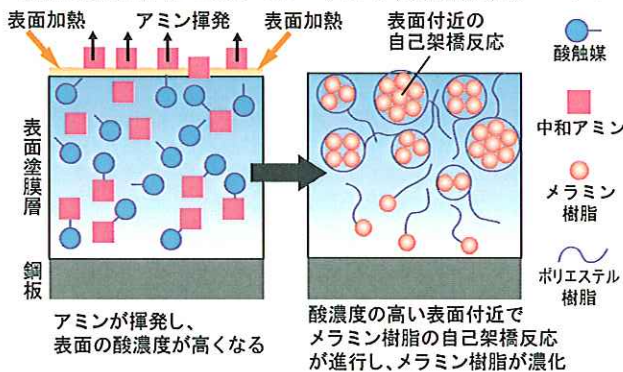
新日鉄は、鉛フリーのニーズをいち早くとらえ、鉛フリー化できる新たなめっきの開発に取り組んだ。半田自体の鉛フリー化も同時に進んでいたため、鉛フリー半田との相性が重要であったことは言うまでもない。

半田の基本的な成分である「錫」をベースに開発が進められた。しかし、錫だけでは耐食性が劣ることに加え、電子回路の障害となるウイスカ(単金属のひげ状結晶)(写真3)が、電子機器の使用中に成長しやすい。

一般的に、電気めっきは成膜速度が速いため、結晶がやや不安定で(内部応力が高い)、表層の金属原子がより安定な状態になろうとして集まってしまう。その結果、ウイスカが成長するというメカニズムだ。ウイスカは長さ100μm以上にまで成長する。現在の電子機器では回路の幅は非常に小さいこ

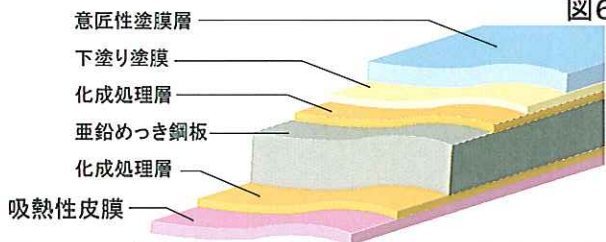
### 耐汚染性塗装鋼板

#### 耐汚染性向上のメカニズム(架橋構造) 図5



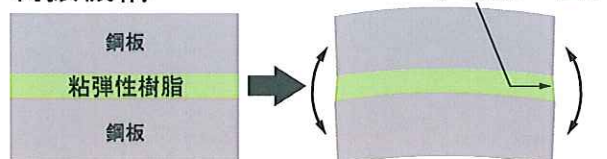
### 高吸熱性鋼板

図6



### 制振鋼板

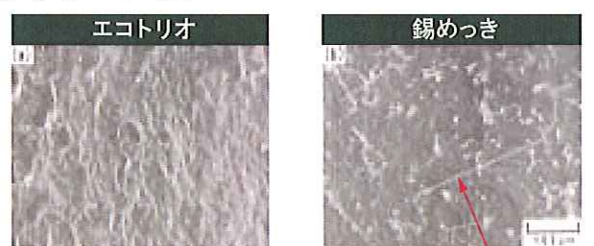
#### 制振機構 図7



2枚の鋼板の間に、厚さ数十μmの樹脂をサンドイッチ型に挟み音や振動を吸収する。間の樹脂が「ずり変形」することで音や振動による変形エネルギーを吸収。

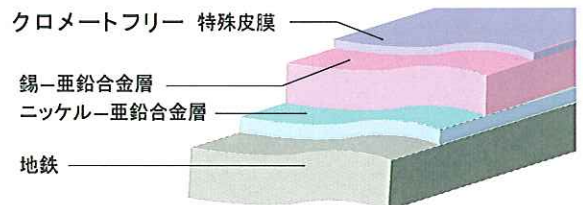
### エコトリオ

#### 耐ウイスカ性 (走査型電子顕微鏡写真) 写真3



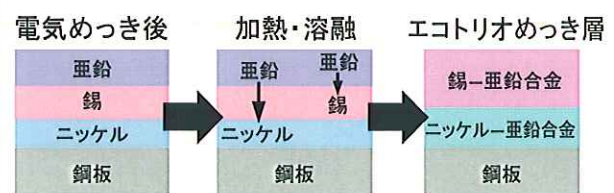
「エコトリオ」は半田との相性が良いだけでなく、ウイスカ(右の写真に見られる細長いひげ状結晶)が発生しにくい。錫単体のめっきでは、電子回路の障害となるウイスカが、機器の使用中に成長しやすい。

#### めっき構成 図8



犠牲防食作用を持つ亜鉛は耐食性を良くし、軟らかいニッケルは亜鉛のプレス性、溶接性を補完する機能を持つ。

#### めっき合金化のメカニズム 図9



鋼板側からニッケル、錫、亜鉛の順番でめっきした後に加熱・溶融すると、錫-亜鉛の合金層が表面にでき、半田付けに必要な錫と耐食性に必要な亜鉛がきちんと上層にのる。



とから、長いウィスカができる回路がショート（短絡）してしまい、回路が正常に作動できなくなる。

新日鉄は1999年、半田との濡れ性が良く、ウィスカを発生させない鉛フリー鋼板「エコトリオ」を開発した（図8）。エコトリオは、鋼板側から順番に[ニッケル-錫-亜鉛]を電気めっきで3層積層した後に、加熱・溶融して合金化しためっきだ。犠牲防食作用を有する亜鉛は耐食性を良くし、軟らかいニッケルは亜鉛のプレス性、溶接性を補完する機能を持つ。

エコトリオの最表層は[錫-亜鉛合金]なので、錫合金である半田との相性（濡れ性）が良いことに加え、耐食性が良い。めっき後に加熱・合金化することで内部応力を解放しているため、ウィスカの成長を抑えることができる。

この技術の面白いところは、鋼板側からニッケル、錫、亜鉛の順番でめっきしたにもかかわらず、これを加熱・溶融すると、鋼板側に[ニッケル-亜鉛合金]、その上に[錫-亜鉛合金]ができる点だ。亜鉛は錫を通り越してニッケルと合金化する不思議な現象が起こる。ニッケルは表層に顔を出さずに、錫-亜鉛という本来必要な合金層が表面にきれいにでき、半田付けに必要な錫と耐食性に必要な亜鉛がきちんと上層にのる（図9）。

新日鉄は、溶融めっきタイプの[錫-亜鉛]めっき鋼板も製造している。錫と亜鉛の合金からなる溶融金属に鋼板を浸してめっきするため、厚手材（1.0mm以上）で厚めっきが容易であり、自動車の燃料タンクなどに適用されている（商品名：エココート-T®）。「エコトリオ」「エココート-T」共にクロメートフリーだ。

### 新たな機能を追求する表面処理技術

鉄は、多種多様な機能をのせることができる材料だ。その理由は、さまざまな強度、寸法、材質を提供できることにある。経済性、調達性に最も優れた材料でもある。

表面処理技術は、さまざまな要素技術が複合化し集積したものだ（図10）。新日鉄の強みは、長年の材料開発を通して蓄積した技術力と、多種多様な性能要求に応じてきた経験の多さ、実績にある。素材である鉄の特質も熟知している。それらを組み合わせ、発展させることで新たな価値を提案でき

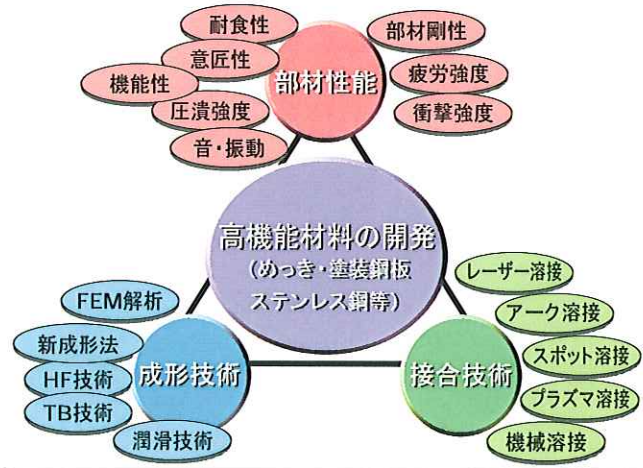
る土壌がある（図11）。

鋼材の表面にどのような機能をのせていくか、その可能性は無尽だ。新日鉄では、構造体としての機能とは異なる「機能性表面」とも言うべき、人間や環境などと密接な関わりを持ち、ポジティブな効果を与えるための新たな機能を生み出し続けていく。

表面処理鋼板に関する技術分野 図10



高機能材料と利用技術によるスチールソリューション提案 図11



### 「くらしを快適にする」新機能表面処理鋼板

一般の方にとっては鉄は「鉄」であって、種類や機能の違う鉄鋼製品が多数あることはほとんど知られていません。一例を挙げると、厚みは0.1～600mmと3桁以上の範囲をカバーし、引張強度はおよそ200～4000MPaと20倍の範囲に及びます。使用される条件に対応して、低温靱性、高温強度、耐食性、耐熱性、耐摩耗性、衝撃吸収能、溶接性、加工性、切断性、といった使用性能を複数もっているのが普通です。

最近では、このような機械的あるいは古典的な性能に加えて、人間の五感や感性に作用する機能を有する鋼板が開発され、実用化されています。これらはいわば、私たちの「くらしを快適にする鋼板」と言えるでしょう。こうした機能には、意匠性や耐汚染性（視覚）、静粛性・制振性

（聴覚）、吸熱性・放熱性、環境対応性などがあります。

新日鉄では、今後も新しい機能をもつ表面処理鋼板を開発し提供することによって、私たちの日々のくらしをますます快適にしていきたいと考えています。

監修 技術開発本部鉄鋼研究所  
表面処理研究部長  
宮坂 明博 (みやさか・あきひろ)

プロフィール  
1954年生まれ、広島県出身。  
1976年入社。一貫して各種耐食材料・  
表面処理鋼板の研究開発等に従事。  
2000年 現職。

