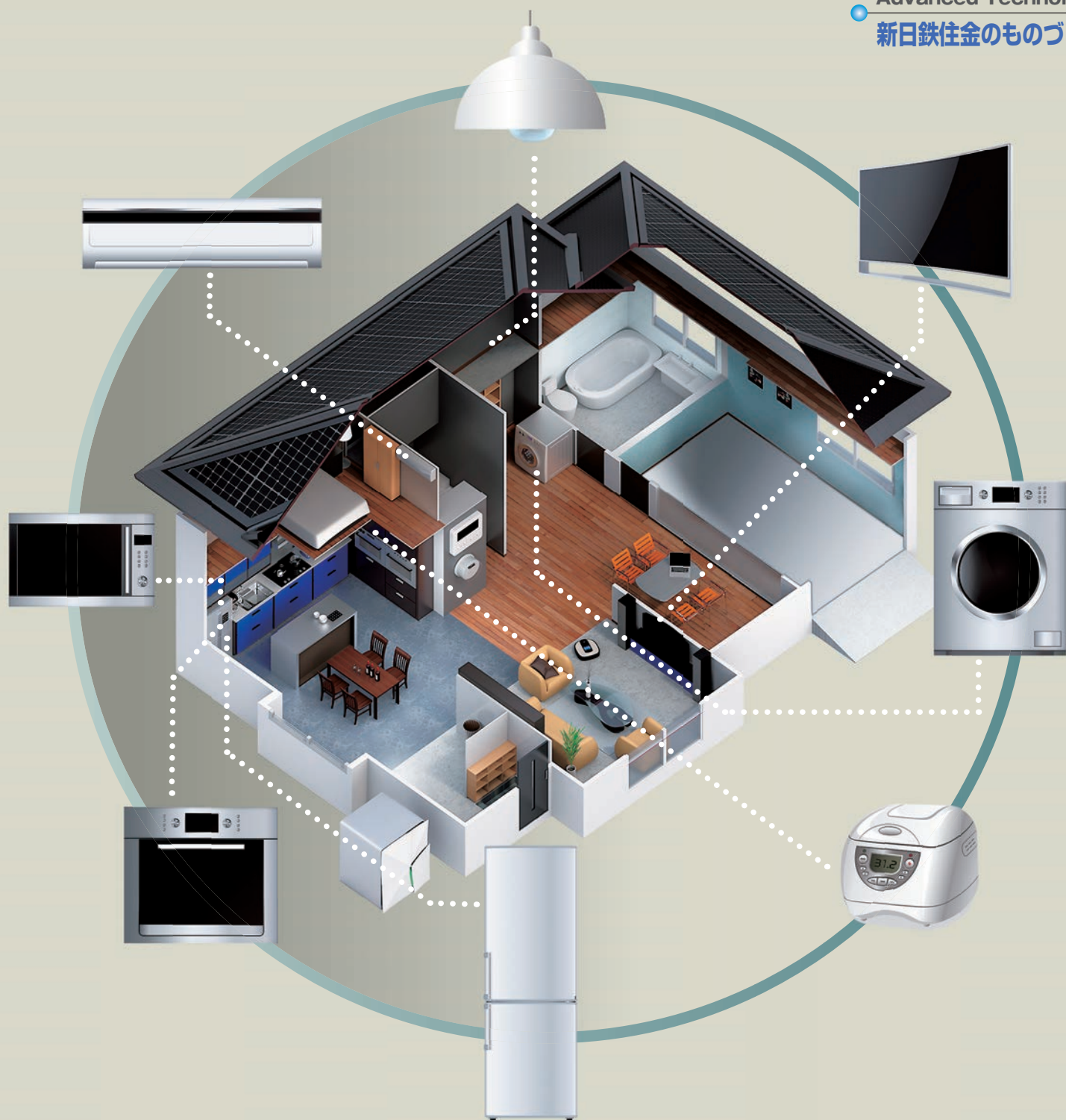




家電製品の技術図鑑

快適な暮らしを追求する鉄

冷蔵庫、洗濯機、エアコン、炊飯器、薄型テレビなど、家電製品の材料として、鉄が多く使われています。

私たちの暮らしをより快適にする家電製品の進化を支えるため、
新日鉄住金はさまざまなニーズに応える高機能鋼板の開発に取り組んでいます。

巧みに彩る塗装鋼板

美しく機能的なデザインの家電製品は、快適なライフスタイルを華麗に演出します。そのため特に外側に使われる部材には高い表面品質が求められ、新日鉄住金の塗装鋼板「ビューコート®」が使われています。

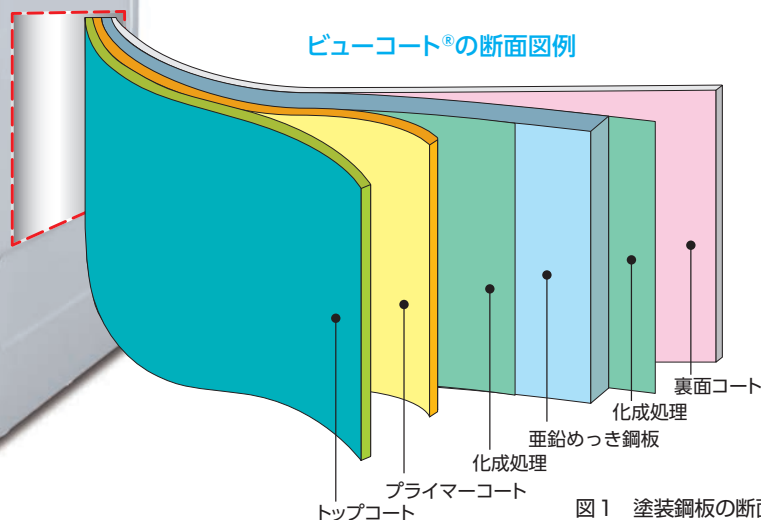


図1 塗装鋼板の断面構造

塗装するワケ

塗装鋼板とは一体どんな製品なのでしょう。塗装するワケから紐解きます。

しかし亜鉛めっきは、時間が経過すると表面が白くさび、見栄えが悪くなります。そのため亜鉛めっきの上に化成処理を施しています。化成処理では環境負荷物質であるクロメートを使わないクロメートフリー皮膜(図2)を開発しました。クロメートフリー皮膜もまた亜鉛めっきの表面を覆うため、酸素や水を通さないバリア効果を発揮しますが、その最大の特長は皮膜表面がキズ付いたり、加工して亜鉛めっき層が露出しても、自ら修復する機能

を有しています。この自己修復機能によって、白さびの発生を抑えます。また塗装と金属は通常は密着性が悪いものの、クロメートフリー皮膜は塗装とも金属とも密着性が良いことから、めっきや塗装が剥がれることはなく、耐食性も高まります。

塗装鋼板とは、鋼板の表面をあらかじめ塗装した製品です。冷蔵庫や洗濯機などをつくる時、家電メーカーは塗装鋼板を加工するだけで最終製品を完成させることができます。塗装鋼板を使わなければ、自ら塗装工程を持たねばならず、塗装や塗装後の加熱乾燥に多大なる時間を要します。しかも塗料の中に含まれ、塗装中や塗装後の加熱乾燥時に発生する環境負荷物質のVOC(揮発性有機化合物)を適正に処理しなければなりません。塗装鋼板の登場によって、家電メーカーは製品形状によって塗り方が異なる各工場の塗装工程を省略でき、生産性の向上と環境対策コストの低減を実現しました。そのため塗装鋼板は今や家電製品に欠かせない材料となっています。

さびを防ぎ、新しい機能を与える

新日鉄住金が塗装鋼板の研究開発に取り組む2つの狙いは、鋼板に新しい機能を与え、さまざまなバリエーションを提供し、家電製品を進化させることにあります。家電製品は冷蔵庫や洗濯機など製品ごとに構成するパーツが異なるため、鋼板に求められる機能も千差万別です。もっと耐食性を高めたい、汚れないようにしたい、キズが目立たないようにしたいなどのニーズにこたえるキーテクノロジーとなるのが塗膜の設計です。新日鉄住金は塗膜の構造を研究し、鉄の機能と使い方を極める塗装鋼板を開発しています。

新日鉄住金が塗装鋼板の研究開発に取り組む2つの狙いは、鋼板に新しい機能を与え、さまざまなバリエーションを提供し、家電製品を進化させることにあります。家電製品は冷蔵庫や洗濯機など製品ごとに構成するパーツが異なるため、鋼板に求められる機能も千差万別です。もっと耐食性を高めたい、汚れないようにしたい、キズが目立たないようにしたいなどのニーズにこたえるキーテクノロジーとなるのが塗膜の設計です。新日鉄住金は塗膜の構造を研究し、鉄の機能と使い方を極める塗装鋼板を開発しています。

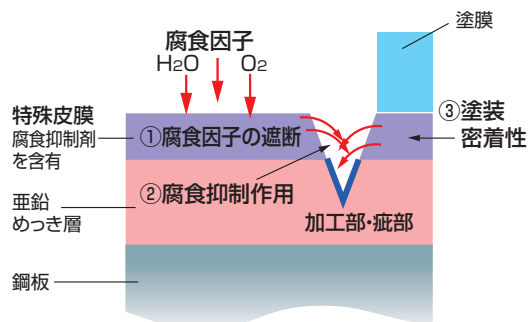


図2 クロメートフリー皮膜の断面構造と特性

鉄の機能と使い方を極める

塗装鋼板には一体どんな機能があり、どんな使い方をされているのでしょうか。
鉄の機能と使い方を極める新日鉄住金の塗装鋼板「ビューコート®」プレミアムシリーズの代表を紹介します。

熱から守る 高吸熱タイプビューコート

家電製品は電子機器の高性能化に伴って発熱量が増えるとともに、小型化により体積当たりの熱負荷が大幅に上昇しています。そこで新日鉄住金は製品内部の熱発生による温度上昇を防ぐため、筐体内部に使われる鋼板に熱吸収性に優れた皮膜を施し、熱を外部に逃がすことができる高吸熱タイプビューコートを開発しました。オーディオ製品、薄型テレビ、テレビチューナーなどに採用されています。

高い熱エネルギーを持つ赤外線領域の吸収を重視した熱吸収性皮膜の設計によって、条件次第では、従来の亜鉛めっき鋼板に比べて内部温度を約10℃低減させることを可能にしました(図3)。放熱用ファンを省略することができるようになり、デザイン性や静粛性の向上に寄与しています。

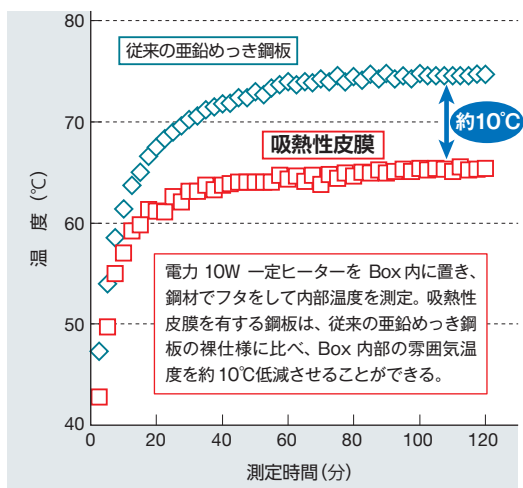


図3 AV 機器筐体内部の温度測定試験結果

キズが目立たない ゆず肌調ビューコート

家電製品の成形加工や搬送時、表面にキズが付くと非常に目立ちます。この課題を克服したのが、新日鉄住金のゆず肌調ビューコート(写真1)です。ゆずの表面のような模様を、ゆず肌といいます。ゆず肌仕上げにすると表情の豊かさを楽しむこともでき、エアコンの室外機や冷蔵庫の側板として使われています。

一方、塗料の粘度が高くなるなどが原因で、凹凸模様となってしまう状態もゆず肌や梨肌と呼ばれ、外観を損なうとして嫌われています。かつて塗装鋼板は塗膜に凹凸がないことが求められました。しかし平滑な塗膜よりも、ゆず肌はキズが目立ちにくいことがわかりました。新日鉄住金は嫌われてきた現象を逆手にとり、きれいなゆず肌をつくり上げることで、家電製品の高度化する外観ニーズに応えました。

ゆず肌づくりのポイント、ランダムではなく、凹凸を緻密にコントロールして美しい微細で均一な凹凸を生み出すことです。塗料の中に数ミクロンのビーズを添加し、塗料を塗ったときにビーズを浮かせることで塗膜に凹凸を発生させ、塗料を乾燥させたときにビーズを沈めて溶かすことで、均一なゆず肌ができます(図4)。このようなプロセスをうまく制御できないと、見た目や手触りがザラザラになってしまいます。塗料の乾燥プロセスで塗膜の構造をマイクロオーダーで制御していきます。家電メーカーでは加工・組立工程でキズが付くことを気にする必要がなくなり、生産性や加工後の歩留が向上し、トータルコストの低減に貢献しています。

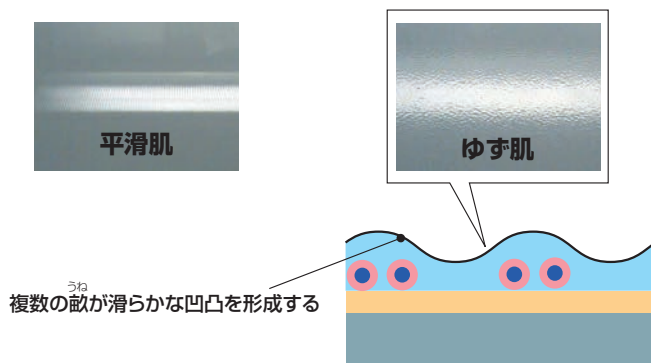
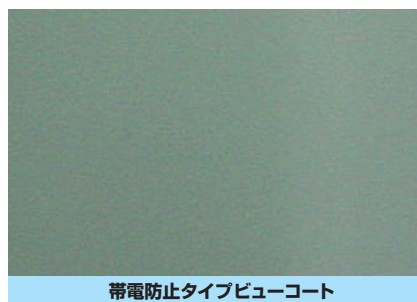


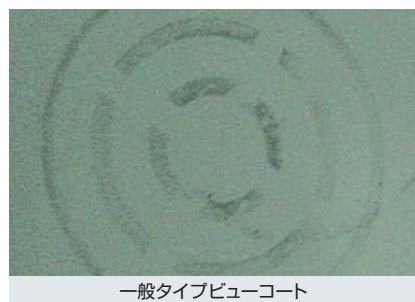
図4 ゆず肌生成のメカニズム



写真1 ゆず肌表面



帯電防止タイプビューコート



一般タイプビューコート

写真2 ほこり付着防止の効果(ゴム吸盤跡比較実験)

ほこりの付着を防ぐ 帯電防止タイプビューコート

子どものころ、プラスチック製の下敷きを擦り、髪の毛を立て遊んだ経験を誰もが持っていると思います。これは下敷きと髪の毛の間に蓄積された静電気が放電した結果、下敷きに髪の毛が引き寄せられたわけです。

家電製品の製造工程でも、ベルトコンベアやゴム吸盤などで塗装鋼板やその加工部品を運搬するとき、摩擦によって静電気が発生して、ほこりが付着します。そのため、ほこりの拭き取りや付着防止のための作業が必要でした。また完成後の家電製品に対しても、静電気は内部の精密電子機器などに悪影響を与え、誤作動の原因となるため、静電気の発生を抑えることが課題となっていました。

一般の塗膜は、蓄積され帯電した静電気が最終的に放電されることで、静電気が発生していました。そこで帯電した静電気を放電しやすくすることが、ほこりと呼ばれる細かいことにつながるという考え方に基づいて、多くの製品がつくられてきました。それに加え、新日鉄住金は摩擦による帯電自体を抑える効果を持つ帯電防止タイプビューコートを開発しました。従来型の塗装鋼板に比べて、帯電電圧を4分の1まで低減すること的成功し、冷蔵庫の側板などに採用されています。ほこりの付着が大幅に減少(写真2)し、家電メーカーでの加工・組立時の省工程・省力化に貢献しています。

汚れを洗い落とせる 耐汚染性型ビューコート・ セルフクリーニングタイプ ビューコート

キッチンで使われる家電製品は、油や調味料などをこぼしたとき簡単にふき取れ、しかも洗剤や漂白剤といった薬品への耐久性が求められます。

塗膜を硬くすれば、汚れが染み込みにくく、ふき取りやすくなります。しかし加工性が悪くなり、製品形状にプレス成形することが難しくなります。一方、塗膜を軟らかくすると、加工性は良くなりますが、汚れが染み込みやすくなります。この問題を解決するため、新日鉄住金は塗膜の表層だけを硬くして、内部は軟らかくする傾斜型塗膜を開発し、耐汚染性を向上させました。

そして、さらに汚れをきれいに洗い落とせるセルフクリーニングタイプビューコートを開発しました。塗膜の表面を水になじみやすくし、水が汚染物と塗膜の間に入り込みやすいように設計することで、汚れが雨水などで容易に洗い流されるセルフクリーニングを実現しました(図5)。屋外に設置されるエアコン室外機やヒートポンプ給湯器は、土埃や排気ガスなどの汚染物が付着するにつれて雨すじ状に汚れます(写真3)。大型で外板の面積が広く余計に汚れが目立ちやすいことや、人の目につく通り沿い側に設置されることが多いことから、耐雨だれ汚染性を大幅に向上させたセルフクリーニングタイプビューコートが活躍しています。



セルフクリーニングタイプ

当社従来品
(エアコン室外機用ビューコート)

写真3 耐雨だれ汚染の比較

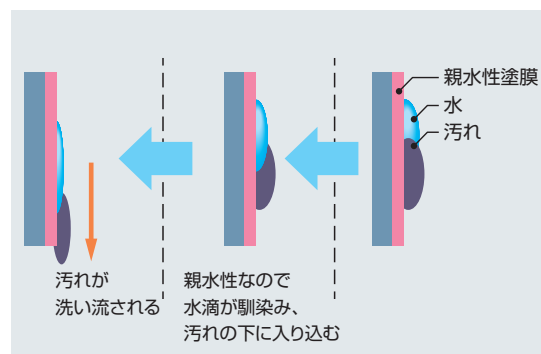
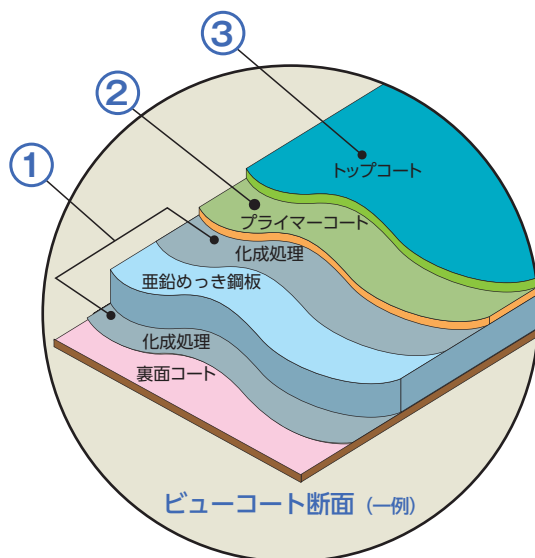
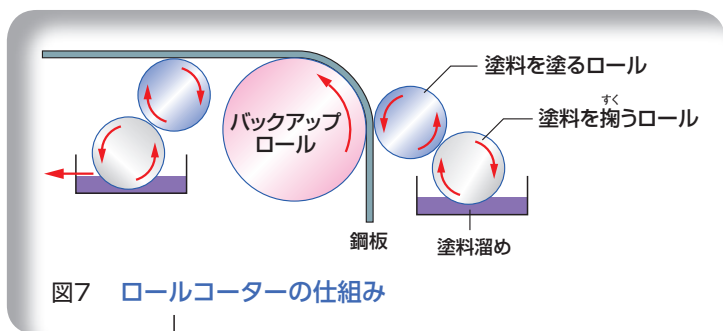


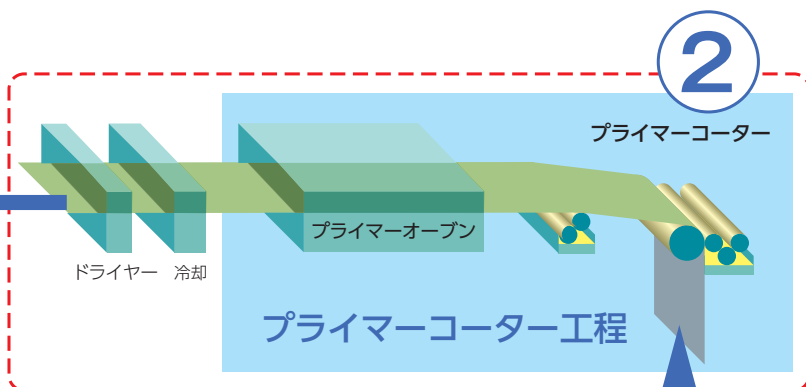
図5 セルフクリーニングのメカニズム

塗装鋼板ができるまで

塗装鋼板は製鉄所でどのようにつくられているのでしょうか。製造工程をたどります。



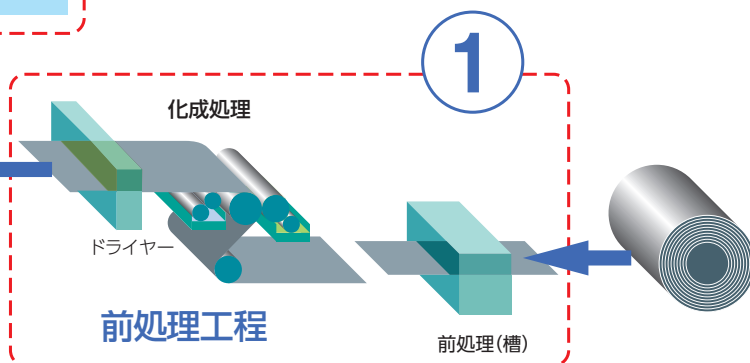
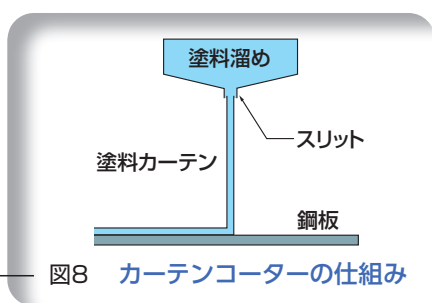
塗装鋼板は各塗装工程を経てコート層が形成される



塗装鋼板工場の製造ライン 図6

クリーン技術を駆使して、ごみやちりのない美しい塗装外観を持つ塗装鋼板を製造し、VOC(揮発性有機化合物)も無害化している。製鉄所で一括して処理することで家電メーカーの環境対策コストの低減と生産性の向上に貢献している。

クリーンルーム環境

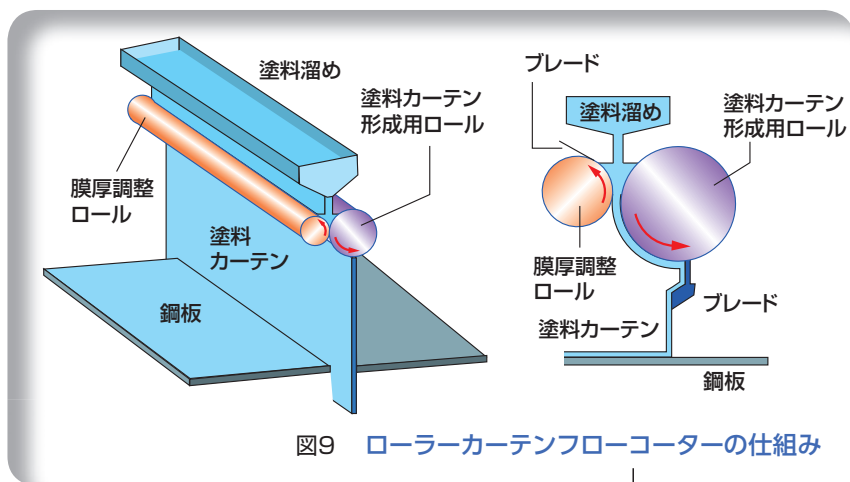
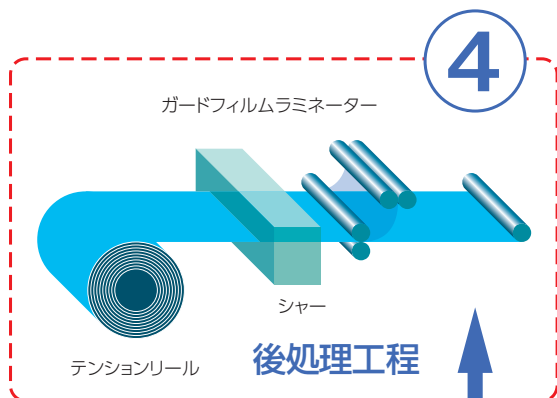


独自の塗装方式で多彩な機能をつくり込む

鉄鉱石や石灰などの原料が大型船から製鉄所に積み下ろされると、高炉で鉄鉄がつくれます。鉄鉄は転炉で不純物を取り除かれ、成分調整することによって、粘りのある強靱な鋼となります。続いて加熱した状態の鋼の塊を、長さ約1キロに及び製造ラインで薄く引き延ばし、熱延鋼板をつくり出します。コイル状になった熱延鋼板は、常温の状態ですらに薄く引き延ばされ、表面を亜鉛でコーティングします。

こうしてでき上がった亜鉛めっき鋼板は、製鉄所の塗装鋼板工場に運び込まれます。塗装鋼板工場では亜鉛めっき鋼板のコイルを解きながら、脱脂、化成処理、プライマーコート塗布、冷却、乾燥、トップコート(最上位の塗膜)塗布、冷却、乾燥を経て、再びコイル状に巻き取られ、塗装鋼板が完成します(図6)。

塗装方式には2つの方式があります。1つはロールコーター方式(図7)で、大量生産に適しており、塗料を溜めたボットにロールが浸かり、もう一方のロールが鋼板に直接接触しながら塗装します。そのためどうしても筋状の欠陥や塗装ムラが発生し得る懸念があります。もう1つのカーテンコーター方式(図8)は、鋼板にすき間から塗料を流して塗装します。平滑な美しい外観をつくることができますが、膜厚をコントロールしにくいという問題がありました。



進化を続ける塗装鋼板

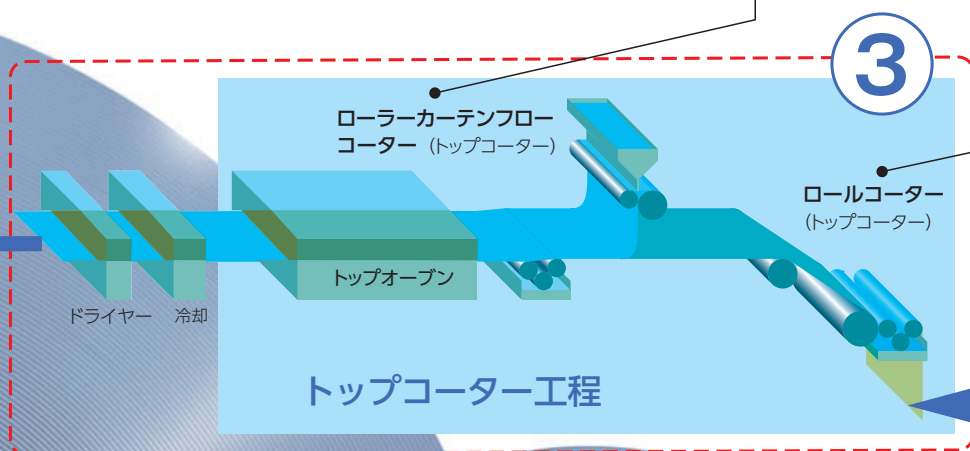
すごい技術が詰まった
ハイテクノロジーな
マテリアルです



新日鉄住金(株)技術開発本部
鉄鋼研究所 表面処理研究部
植田 浩平 上席主幹研究員

高機能処理の世界は無限の可能性が広がっています。例えばスマートフォンのタッチパネルは、ガラスの上に機能性皮膜をコーティングすることによって、指1本で電話をかけたり、インターネット通信を楽しんだり、自在に操作ができるようになりました。また繊維に高機能処理を施すことによって、保温性のあるインナーシャツが作り出され、寒い冬を暖かく過ごせるようになりました。このように現代社会は高機能商品にあふれています。

人類は従来から存在する変哲のない材料に高機能処理を施すことによって、ものすごい技術の詰まったハイテクノロジーなマテリアルを生み出すことができますようになりました。ですから鉄にも何らかの高機能処理を施し、鉄を超える魅力ある鉄鋼材料につくり変えていくことが、私たちの果たすべき使命だと考えています。そのミッションに向けて、さまざまなアイデアを創出し、これからも新しい高機能な塗装鋼板の開発にチャレンジしていきます。



コーター部



このように新日鉄住金は先端技術を駆使して、さまざまな機能を持つ塗装鋼板を開発し、製鉄所で効率的に大量生産することによって、私たちの暮らしをより快適にする家電製品の進化を支えています。

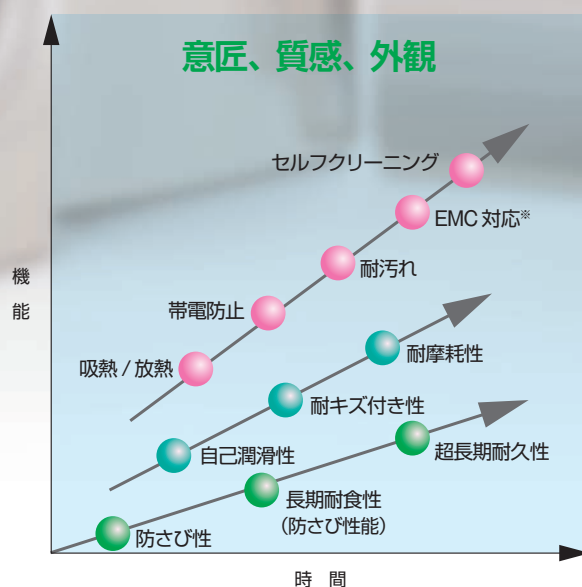
新日鉄住金では、これら2つの方式の長所を組み合わせたローラーカーテンフローコーター(図9)という独自の塗装方式を開発しました。塗料を2つのロールの間に流し入れることで、ロールのすき間で決まる厚みに膜厚を精密にコントロールした上で鋼板に落として塗装する方式です。この設備はすき間から滝のように塗料を流し込むのではなく、ロールのブレードでシャボン玉の膜のような薄い塗膜をつくって塗装します。より薄くより均一な液膜ができる塗料もあわせて開発しました。これにより均一で金属感の強い独特の光沢と重厚な外観を持つ塗膜をつくるできるようになりました。

家電製品の付加価値を高める鉄

新日鉄住金グループは、人が心地良さをを感じる五感に対して、さまざまな機能を提案しています(図10)。塗装鋼板のほかにも耐食性、加工性、意匠性、さらには環境負荷物質の低減など、家電製品の付加価値を高める鉄鋼製品を開発しています(図11)。



図10 五感と快適性能

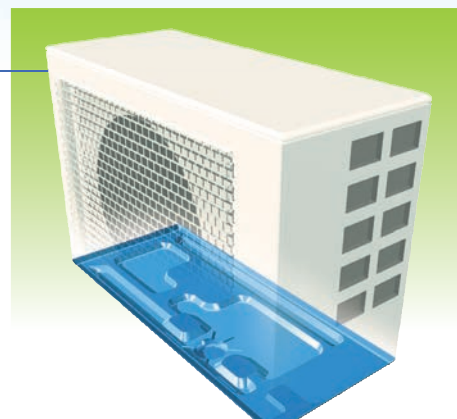


※ EMC(electromagnetic compatibility) : 電磁波を出さず、電磁波によって誤作動しないこと。

図11 機能付与のロードマップ

さらなる耐食性の向上 スーパーダイマ®

エアコン室外機や給湯器などの屋外家電製品には、高い耐食性が求められます。新日鉄住金では、建材向けに実用化されていた耐食性合金めっき鋼板を改良し、表面に亜鉛を主成分に約11%のアルミニウム、約3%のマグネシウム、微量のシリコンからなる合金めっきを施した「スーパーダイマ®」を開発しました。表面に緻密な保護皮膜が形成されるため、腐食反応を抑えることができ、従来の溶融亜鉛めっき鋼板に比べて、優れた耐食性を誇っています。家電製品の長寿命化やライフサイクルコストの削減に貢献しています。



クロメートフリーのエコプロダクツ® NSジンコート®

NSジンコート®は、環境負荷物質の6価クロムを全く含まないクロメートフリー特殊皮膜をコーティングすることで、用途に合った特性を持たせることができます。腐食の原因となる酸素や水を透過させない遮蔽機能、表面にキズが付いても皮膜を元に戻す自己補修機能、塗装密着機能を、単独の物質ではなく、それぞれの機能を6価クロム以外の物質に分担させることで、6価クロムを含むクロメート皮膜と同じ特性を実現しました。

膜厚を厚くして耐食性や耐指紋性を高めたNSジンコートQF1、膜厚を薄くして優れた導電性を発揮するNSジンコートQS1など、各種機能に応じた皮膜を製品化しています。なかでも片方の鋼板表面上に黒色の塗料を薄く施したNSジンコートカラーは、低温乾燥が可能な水系塗料を使ったことにより、従来の一般的な塗装鋼板と比べ約70～80%減の薄膜化と、製鉄所の製造時におけるCO₂発生量の削減を実現。薄型テレビのバックパネルなどに採用されています。



鉛フリーのエコプロダクツ® 電子部品用鋼板エコトリオ®

家電機器内部の基板やシャーシなど、はんだ付けされる電子部品で、環境負荷物質の鉛を全く含まない鉛フリー化が求められています。新日鉄住金は鉛フリーの電子部品用鋼板「エコトリオ®」を開発。オーディオ機器やゲーム機器などに搭載されている電子部品に使われています。

エコトリオの開発では、はんだの基本的な成分である鉛とスズで、鉛を除きスズだけのめっきでは耐食性が劣ることに加え、電子回路の障害となるウィスカ(単金属のひげ状結晶)が電子機器の使用中に成長しやすいという大きな課題がありました。しかしニッケルとスズ、亜鉛を電気めっきで3層積層したあと、加熱・溶融してめっきを合金化することで、新日鉄住金はウィスカの成長を抑えることに成功しました。犠牲防食機能を持つ亜鉛は耐食性を良好にし、軟らかいニッケルは亜鉛のプレス性や溶接性を補完する機能を併せて持っています。



鉄の磁気特性を活かした高機能材料 無方向性電磁鋼板

無方向性電磁鋼板はモータの鉄心材料として家電製品に広く使われています。鉄心材料が挿入された導線のコイルに電流を流すと、電磁石に磁場が発生します。引き合う力と反発する力を、電磁石の切り替えで交互に発生させることで、モータは回転します(P12参照)。無方向性電磁鋼板の磁束密度が高いほど、一定の電流で高い磁力を得ることができ、大きな回転力を生み出します。また電気エネルギーから磁気エネルギーへの変換で発生するエネルギーロス(鉄損)が小さいほど、省エネにつながります。新日鉄住金は高磁束密度、低鉄損の世界最高水準の高性能な無方向性電磁鋼板を開発し、家電製品の省エネ性能の向上に貢献しています。



電気ので磁力を発生させる「電磁石」



誘導加熱のキーテクノロジー クラッド鋼板

クラッド鋼板とは異なる種類の金属を一体積層した高機能材料です。新日鉄住金のステンスクラッド鋼板は、誘導加熱(Induction Heating: IH)を用いる調理器の素材などとして広く利用されています。例えばIHジャー炊飯器の内釜では、外側の発熱性に優れたステンレスをIHの磁力線によって効率的に加熱し、内側の熱伝導率の高いアルミニウムで、その熱を素早く内釜全体に拡散させています。

新日鉄住金では、独自開発の高機能ステンレスにアルミニウムを接合した二層クラッド鋼板を1988年より製造しています。さらにおいしいご飯を食べたいという消費者のニーズに応える家電メーカーのものづくりを、長年にわたって材料で支えています。



地球にやさしく、耐食性を高める NSSC® FWシリーズ

IHジャー炊飯器の外装、加熱板(内蓋)、冷蔵庫前扉、洗濯機ドラムなどに、新日鉄住金ステンレス(株)が開発した「NSSC® FWシリーズ」が使われています。NSSC FWシリーズは、世界で初めて微量のスズを添加することによって、耐食性を大幅に向上させ、NSSC FW1ではレアメタルを23%削減、NSSC FW2では40%削減。高耐食性と省資源化を両立させました。



FWシリーズが初めて採用された炊飯器



指紋汚れをふき取りやすく クリアー塗装ステンレス鋼板

冷蔵庫や炊飯器の外装などに、新日鉄住金ステンレス(株)が開発した「クリアー塗装 ステンレス鋼板」が使われています。美しい金属光沢と優れた耐食性を持つステンレスの特性を活かしながら、表面にクリアー塗装を施すことで、指紋が付着しても目立ちにくく、ふき取りやすい機能(耐指紋性)を高めました。



ステンレス豆知識 Q&A

Q1 ステンレスって、鉄の仲間なの？

A1 英語でStainless Steelと言い、「さびにくい鉄」を意味しています。炭素が1.2%以下で、クロムを10.5%以上含む特殊鋼と定義されています。ごく簡単に言うと、ステンレスとは、鉄にクロムを加えた合金なのです。

Q2 どうしてステンレスはさびにくいの？

A2 さびとは金属の元素が大気中の酸素と結びついた酸化物のことです。ステンレスも表面に酸化物が形成されます。しかし、この酸化物はクロムを多く含んだ非常に薄く緻密な皮膜で、ステンレス自身をさびの原因となる酸素などから守るバリアーの役割を果たしています。このバリアーは不動態皮膜と呼ばれています。

Q3 バリアー(不動態皮膜)が破れたらどうなるの？

A3 不動態皮膜は自己修復機能を持っています。加工中や使用中に不動態皮膜が破れても、鋼中のクロムと大気中の酸素が反応して、瞬時に皮膜を再生します。クロムは鋼中から供給されるため、自己修復機能は何度でも繰り返し発揮され、さびの進行を抑えています。

