

古賀 武^{*2} 佐藤 晃一^{*3} 梅只 威雄^{*4} 田中 茂^{*5} 稲葉 和夫^{*6} 赤松 定美^{*7}

Development of Precoated Metal "RIVER PREC" for Home Appliances

Takeshi Koga, Kōichi Satō, Takeo Umetada, Shigeru Tanaka, Kazuo Inaba, Sadami Akamatsu

要旨

当社では、家電メーカーなどで鋼板を成形加工後塗装を施す従来のポストコート法に対して、家電メーカーでの塗装を必要としない予め高性能の塗装を施した鋼板いわゆる器物加工用塗装鋼板リバープレックを開発し、1978年以來冷蔵庫用をはじめ幅広い用途を対象に営業生産を続けている。リバープレックの生産に当たっては、加工性に優れた塗料の開発、原板の表面性状管理の強化、表面外観の改善、連続塗装ラインの防塵を主とした改造などを実施した。その結果、塗装仕上りが美麗で、加工性、耐きず付き性、耐食性などの塗膜特性に優れた、器物加工用塗装鋼板の生産体制を確立した。本報告では、リバープレックの品質、製造上の要点を概説した。

Synopsis :

A high-grade prepainted steel sheet "RIVER PREC", developed by Kawasaki Steel has been in production since 1978 for a wide range of end-uses, such as refrigerators and many other household appliances. RIVER PREC saves appliance makers from painting jobs conventionally required after fabrication using the post-coating method. It therefore has been enjoying a favorable reception from users because of its pleasing appearance and superior coating properties, such as excellent workability and high resistance to scratch, stain, and corrosion.

The launching of RIVER PREC production required considerable remodeling of the conventional line, with emphasis on the development of a paint of sufficient workability, improvements in base sheet flatness and other surface property control, and the dust-proofing of the existing coating line.

This report outlines the characteristics of RIVER PREC and the features of manufacturing.

1 緒 言

従来、家電メーカーなどでは、冷延鋼板、亜鉛めっき鋼板などの無塗装鋼板を購入し、プレス、ロール成形などの加工を行い、脱脂、表面化成処理の後、塗装を施すポストコートを一般的に採用していた。

1978年米国GE社は、自社で塗装を施す必要のないように予め鋼板メーカーで塗装を施した所定の塗膜性能を有する、いわゆる器物加工用塗装鋼板PCM (Pre-coated metal)を採用し、塗装関連設備を全く持たない冷蔵庫専用工場を建設した。このGE社の成功がNCCA (National Coil Coaters Association) から表彰を受けたことで、PCMは世界中の脚光を浴びるようになった。PCMはそれまでもGE社、日本の家電メーカーなどの一部で使用されていたが、塗装設備を全く持たない一貫工場の建設は画期的なものであり、このニュースは家電メーカーをはじめ塗装鋼板メーカーにも大きな刺激を与え、PCM化の検討が活発になった。

当社は1977年にPCMの開発に着手し、1978年には冷蔵庫用PCMを受注し営業生産を開始した。その後も引き続き各種原板、塗料、塗装技術などの改良、開発を積極的に進めてきた。その結果、現在ではPhoto 1に示すような冷蔵庫をはじめとして、洗濯機および照明器具などの幅広い用途に向けて高品質のPCM (当社商品名: リバープレック)を生産するに至っている。

2 PCM化の動き

家電メーカーなどにおいては、前記したGE社の動きが一つのきっかけとなり、省力、設備投資抑制などの合理化ニーズからPCM採用の積極的な研究が進められた。

このような家電メーカー側の要求に応えるため塗装鋼板メーカーにおいても従来より手がけていた建材用途向けカラー鉄板の製造技術に加え、さらに高加工用塗料の開発、塗装技術の向上などの努力を行った。その結果、塗装鋼板メーカーのPCMが家電メーカーなどの加工に充分耐え、商品としても満足されるものになった。

PCMとポストコートの家電メーカーにおける工程の相違点をFig. 1に、その長所と短所をTable 1^(*)に示す。

PCMは、成形加工を施すことが前提となるため、塗膜の加工性は重要な品質項目であるが、一般に塗膜の加工性を向上させるには、塗膜が軟質なものとなり、さらには耐汚染性などの品質が低下する傾向にある³⁾。このためPCM開発当初は、塗膜の加工性と硬さ(耐きず付き性)および耐汚染性を両立させることができなかった。したがって、PCM採用に当たって家電メーカーは次のような対応をせざるを得なかった。

- (1) 製品デザインおよび設計上の配慮を行い加工程度を軽くする。
- (2) 加工時のクラック防止のため加温成形加工を行う。

*1 昭和58年2月23日原稿受付

*2 阪神製造所表面処理条鋼部生産技術室

*3 本社製鉄エンジニアリング技術部庇延技術室主査(部長補)

*4 阪神製造所表面処理条鋼部生産技術室主査(課長補)

*5 阪神製造所設備部設備技術室主査(課長補)

*6 阪神製造所表面処理条鋼部表面処理課掛長

*7 本社薄板技術部技術サービス室

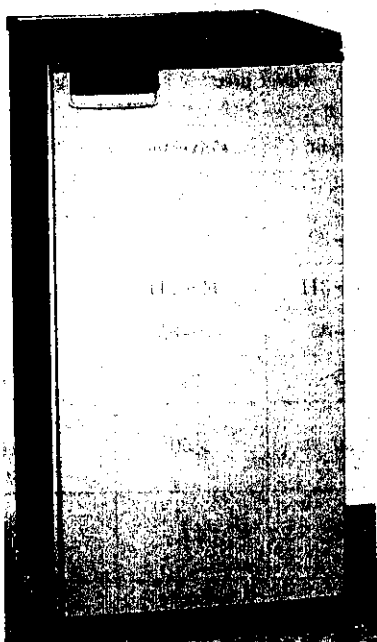


Photo 1 Application of RIVER PREC for refrigerator

Table 1 Characteristics of pre-coat metals when applied to the usage in home appliance

Merit	Demerit
1 Coating equipment is not necessary.	1 Corrosion resistance of shear and punched section is inferior.
2 Pollution prevention is not necessary and working environment is improved.	2 Spot welding is not applicable.
3 Maintenance cost is relatively small.	3 Prone to scratches during handling and forming.
4 Space of layout is small.	4 Products design is limited because of formability and weldability.
5 Saving materials and energy.	
6 High productivity is possible.	

(3) 加工、組立時の扱いで製品にきずが付かないよう、コンベアテーブルなどにゴムライニング、フェルト貼りなどの配慮をする。

その後、塗装鋼板メーカー、塗料メーカーは鋭意研究、開発を進

め、硬さ、耐汚染性ではポストコート塗膜にほぼ匹敵し、かつ加工性の優れた高分子ポリエステル樹脂塗料がPCM塗料として開発された。

近年のPCMの評価は次のようなものである。

- (1) 塗装仕上がりが平滑できれいである。
- (2) ロール成形、バンダー加工、プレス加工などに耐えられる加工性を有している。
- (3) 適度な塗膜硬さ、耐汚染性を有している。
- (4) 裏面にも塗装しており、裏面の防錆に効果がある。
- (5) 塗装設備が不要で、設備負担の減少、省力化、工程の短縮およびランニング在庫の減少ができる。また、環境、公害対策の面で大幅な改善ができる。

したがって、今後ますますPCMの採用が拡大していくものと考えられる。すでに国内においても、ほぼ全面的にPCM使用の工場を稼働させている家電メーカーもある。

3 器物加工用塗装鋼板に要求される品質特性レベル

一例として、冷蔵庫用PCMに要求される品質特性と、当社リバープレックおよび建材用着色亜鉛鉄板の性能をTable 2に示す。家電用PCMは、屋根、壁用など建材用着色亜鉛鉄板に比較して、加工性、外観、形状などにおいて非常に高いレベルの品質が要求される。

4 リバープレックの製造と品質

4.1 製造工程

リバープレックの塗装は、連続式コイル塗装ライン(Continuous color coating line, 以下CCLと称す)で2コート2ベーク方式により行っている。塗装後はコイルに巻き取り、家電メーカーなどの要求によって、スリット、シートカットおよび表面保護用のフィルムラミネートなどを行い出荷する。

Fig. 2に当社阪神製造所のCCLの概略図を示す。

4.2 原板

4.2.1 種類

リバープレックには、標準として次の原板を使用している。

- (1) 合金化溶融亜鉛めっき鋼板(リバーアロイ)
- (2) 溶融亜鉛めっき鋼板(非合金型、リバーゼット)
- (3) 電気亜鉛めっき鋼板(リバージंक)

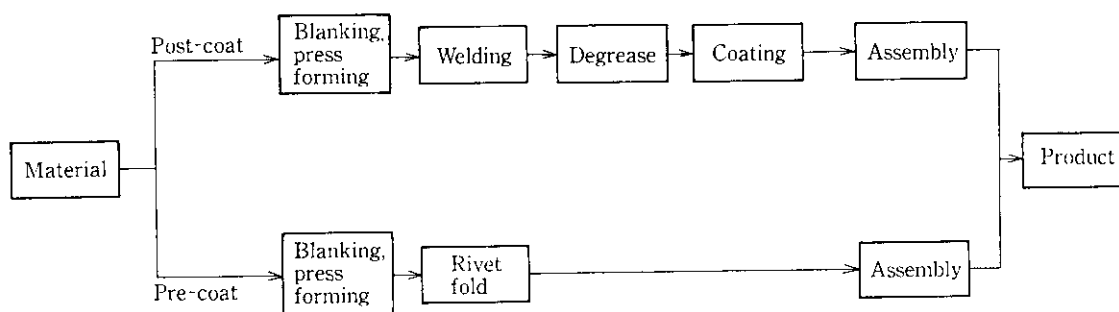


Fig. 1 Comparison of fabricating processes between PCM and post coating material

Table 2 Performance characteristics required for PCM and the property of River Prec

Test-items	Class Paint type	Required performance characteristics (for refrigerator)			Ordinary pre-painted galvanized sheet (JIS G 3313)
		Polyester	Acrylic	Polyester	Polyester
External appearance		◎	◎	◎	○
Dry film thickness (μm)		20~30	20~30	20~30	15~20
Pencil hardness		H~2H	2H~3H	H~2H	H~2H
60° gloss (%)		≧80	80~85	80~85	50~70
Cross scoring test (JIS G 3313)		◎	◎	◎	◎
Impact test (cm) (the Du Pont type impact tester) (12.7 mmφ × 500 g)		≧50	20	≧50	40
Flexibility (min. bend radius) (No visible cracking of paint film on outside radius) (after bending (t= sheet thickness))		1t	3t	1t	2t
Stain resistance		◎	◎	◎~○	○~△
Salt spray resistance (5% NaCl 35°C × 240 h)					
Creep		◎	◎	◎	○~△
Blistering		◎	◎	◎	◎
Humidity resistance (R.H. 90% 50°C × 192 h)		◎	◎	◎	◎
Hot water resistance (90°C up × 1 h)		◎	◎	◎	◎~○
Detergent resistance (0.5% synthetic detergent 40°C × 72 h immerse)		◎	◎	◎	◎
Alkali resistance (5% NaOH 20°C × 24 h immerse)		◎	◎	◎	◎
Acid resistance (5% H ₂ SO ₄ 20°C × 24 h immerse)		◎	◎	◎	◎
Toluene resistance 1 h immerse		◎	◎	◎	◎

◎: Excellent, ○: Good, △: Fair

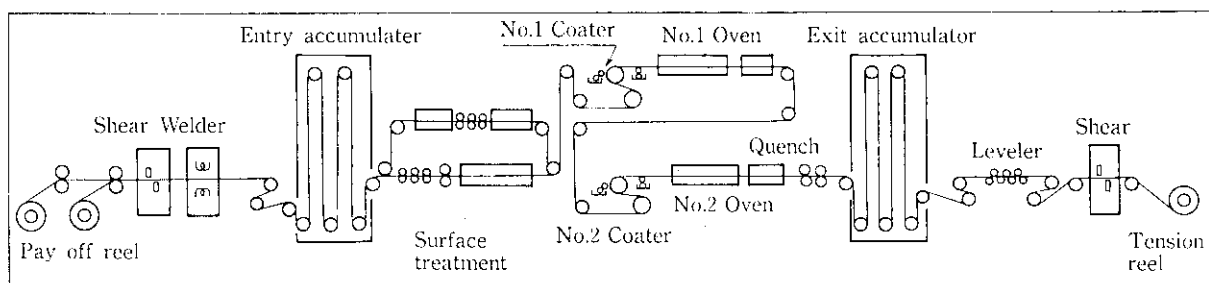


Fig. 2 Schematic diagram of coil coating line

- (4) 亜鉛-ニッケル系合金電気めっき鋼板 (リバーハイジック)
- (5) 冷延鋼板

近年では、塗膜の密着性、端面の耐食性および塗装仕上り性などの優れたリバーアロイを採用することが多くなっている。

4.2.2 表面外観

一般にポストコートは、静電塗装で 40~50 μm 程度の厚塗膜に塗装されること、また塗装後の表面がいわゆるゆず肌になることなどから原板表面の微細な欠陥は塗装で隠れやすい。一方 PCM ではロール塗装を行うために塗膜厚さが 20~30 μm であり、かつ

平滑に塗装が仕上がる。このため原板表面の僅かな変化や欠陥が光沢むら、色調むらなどの塗装欠陥として現われる。これらの塗装欠陥を防ぐため PCM 用原板の製造に際しては以下のことに特別な管理基準を設けている。

- (1) 熱間、冷間圧延時のロールマーク、スリキズなどの発生防止。
- (2) 溶融亜鉛めっきラインでのシーム、アッシュなどの発生防止。
- (3) 各種ロールの点検および板表面の点検。

4.2.3 表面粗度

表面光沢は PCM の特性として重要な項目である⁴⁾。光沢への影響要因の一つに原板の表面粗度がある。Fig. 3 に示すように原板の表面平均あらさ (R_a) と光沢には相関があり、同一樹脂塗料では原板の表面平均あらさが小さいほど光沢が向上する。したがって原板の表面平均あらさを適正な範囲に管理している。その一つの方法は原板スキンパス時のロールの表面あらさおよび圧下量を適正に選定することである。

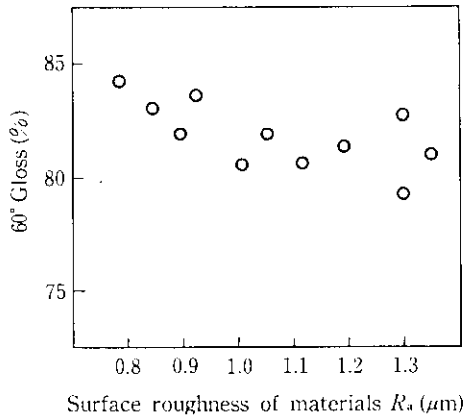


Fig. 3 Relation between gloss of coating film and surface roughness

4.2.4 めっき品質

亜鉛めっき系原板においては加工部の亜鉛クラックおよびパウダリングが問題になる。PCM は塗装後に加工を施されるため塗膜はく離、耐食性などに影響を及ぼすためである。したがって、亜鉛めっき時の浴組成の管理、さらにリバーアロイでは合金化を最適範囲でコントロールしている。これらの原板は、塗装前に PCM 原板としての適応性を、特別な試験、判定方法でチェックし厳選したものを使用している。

4.2.5 原板材質

PCM に使用している原板は用途により、一般材と非時効性材料を使い分けている。塗装鋼板は 200~250°C で焼付けられる。その結果一般材の材質では時効劣化し、加工時にストレッチャーストレインおよび曇折れを発生する場合がある。その防止のため通常とられる手段は、レベラー処理である。しかしレベラー処理すると、タミジワと称する小さなさざ波状の凹凸模様が発生するため、光沢の低下や外観水準の低下を生じる。これらは冷蔵庫扉用など特に美麗な外観を要求される用途には不適合である。Fig. 4 はレベラーによる材料の伸びが生じた場合の、ポリエステル系塗膜での光沢の低

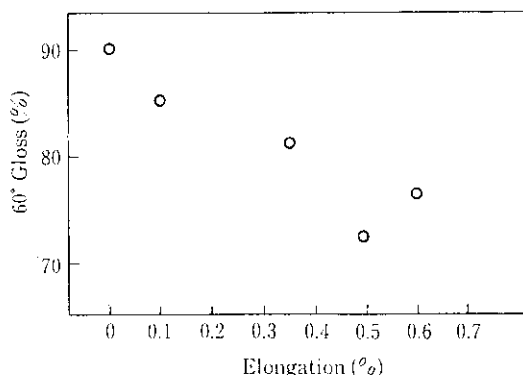


Fig. 4 Relation between gloss and elongation by tention leveler in CCL

下傾向の一例を示したものであるが、伸びの光沢に及ぼす影響は大きい。このような場合に、レベラー処理を必要としない非時効性の原板を採用している。

4.3 塗膜の設計

PCM 用塗膜を大別すると、下塗りがエポキシ系で上塗りがアクリル系樹脂を使用した塗膜の硬さ、耐汚染性を重視したもの、下塗り上塗りとともに高分子ポリエステル樹脂を使用した加工性重視の塗膜がある。現在では樹脂の改良により塗膜硬さ、耐汚染性にも優れた高加工用高分子ポリエステル系樹脂塗膜が主流として採用されている。塗膜設計に際しては、多くの留意すべき事項がある⁵⁾。これらについて略述すると次のようなことがいえる。

- (1) 軟質、高加工性下塗りと硬質、高耐汚染性上塗り使用により加工性と硬度、耐汚染性の高バランス化を図る。
- (2) 下塗りと上塗りをそれぞれの調色により色調を安定化する。
- (3) 表面光沢は、前述の原板表面粗度の他に、使用する樹脂塗料により支配される。塗料の組成はベース樹脂、着色顔料および種々の添加剤からなる。一般にベース樹脂への顔料混入量を増すと光沢は低下する。淡彩色、特にホワイト系は塗膜の隠ぺい性の点から顔料の混入量が多く、高い光沢を確保するのに顔料種類の選択、粒径、樹脂との分散性および配向性などを考慮し、さらには特殊な添加剤を使用するなど特別の配慮を行っている。
- (4) 家電メーカーでは製品の意匠性を出すため、PCM 塗膜の上に印刷する場合がある。また切断面やぎざ付き部をタッチアップ補修することがある。これらは塗膜の耐溶剤性やタッチアップ塗料との付着性と関係があり塗料設計時に確認しておく必要がある。
- (5) 赤、黒、青の濃彩色は使用顔料の性質上塗膜が軟質になり、またぎざがつくと目立ち易い傾向がある⁵⁾。樹脂種類の選択、配合を十分に吟味する必要がある。

塗膜設計では以上のような事項に留意し、家電メーカーの要求品質を満足するようなシステムを確立している。

4.4 塗膜種類と加工部の特性

Fig. 5 に原板の種類と加工伸び程度の違いによる表面クラックの

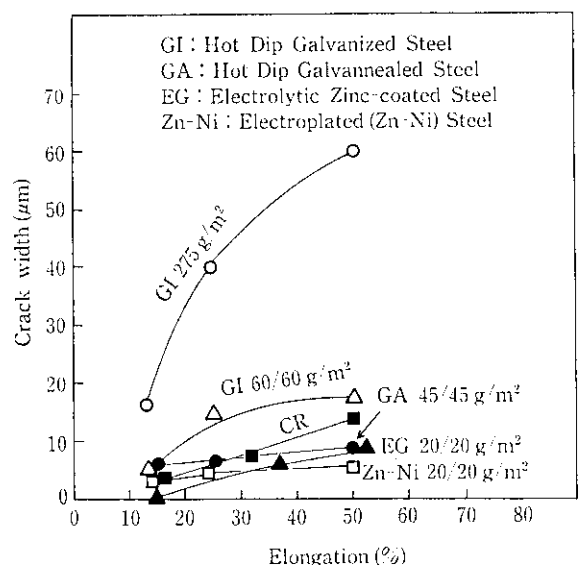


Fig. 5 Relation between elongation and crack width of surface treated steels

関係を示す。

亜鉛めっき系の原板では、亜鉛付着量が多いほどクラックが大きい傾向が見受けられる。これらの原板に塗装を行い曲げ加工を施した後のクラックの発生を調べたのが Fig. 6 である。塗膜の伸びが

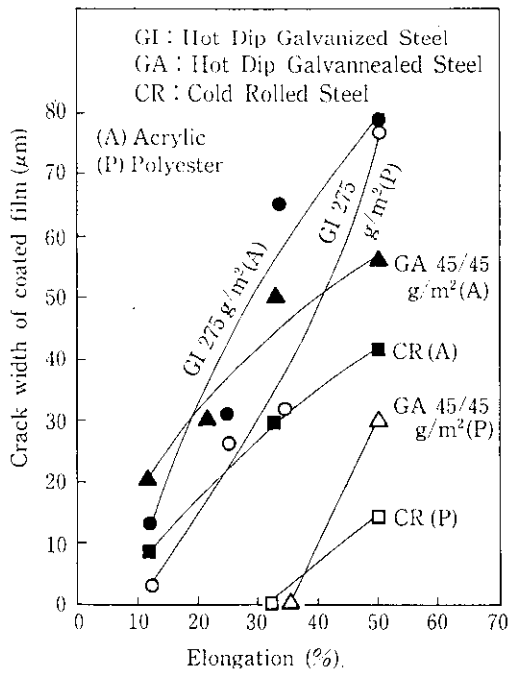


Fig. 6 Relation between elongation and crack width of coated film on surface treated steels

小さいアクリル樹脂塗膜はクラックが大きく、また塗膜の伸びが大きい高分子ポリエステル樹脂塗膜は、原板のクラックをある程度カバーすることがわかる。

Fig. 7 には、塩水噴霧試験により、加工部の錆発生率を調べた結果を示す。アクリル樹脂塗膜はクラックが大きいため錆発生率も高くなっている。しかし亜鉛めっき原板を使用すればかなり改善されることがわかる。高分子ポリエステル樹脂塗膜では、塗膜のクラックは発生しないかまたは非常に微細なため、冷延鋼板で若干の発錆が認められるが、亜鉛めっき原板を使用した場合は全く発錆が認められない。

すなわち、加工部のクラック発生を加味した耐食性は、亜鉛めっき原板を使用することにより改善されるが、亜鉛付着量の多い原板は亜鉛めっき層のクラックが大きくなり耐食性は不利になる。この様な場合、原板のクラックを塗膜の伸びでカバーが可能な高分子ポリエステル樹脂塗膜がより効果的である⁹⁾。しかしながら塗膜にも伸びの限界があり、加工程度が大きくなると塗膜にもクラックが発生する。塩水噴霧試験 240 h の耐食性に影響する塗膜クラックの限界幅は、冷延鋼板で 10 μm、亜鉛めっき鋼板使用で 30 μm 程度である。したがって加工部の耐食性に関しては、クラックの大きさをこれ以下にすればよいと言える。

製品デザイン、加工方法などで原板および塗膜のクラック発生限界を超える場合には、加温成形加工が有効である⁹⁾。Fig. 8 に加工温度の違いによる曲げ加工による塗膜のクラック発生を 180° 曲げを行って調べた結果を示す。加工温度 50°C の場合は 20°C に比較して最小曲げ半径で 0.25~1 t (t=板厚) ほど加工限界が向上する。このことは、同一加工の製品において加温成形加工を施せば、塗膜のクラック発生が緩和され、ひいては加工部の耐食性も向上する。したがって塗膜樹脂、製品デザイン (加工程度、切断面の処理など)、および加温成形加工を考慮すれば、用途によっては冷延鋼板原板の PCM でも、十分満足して使用できる。

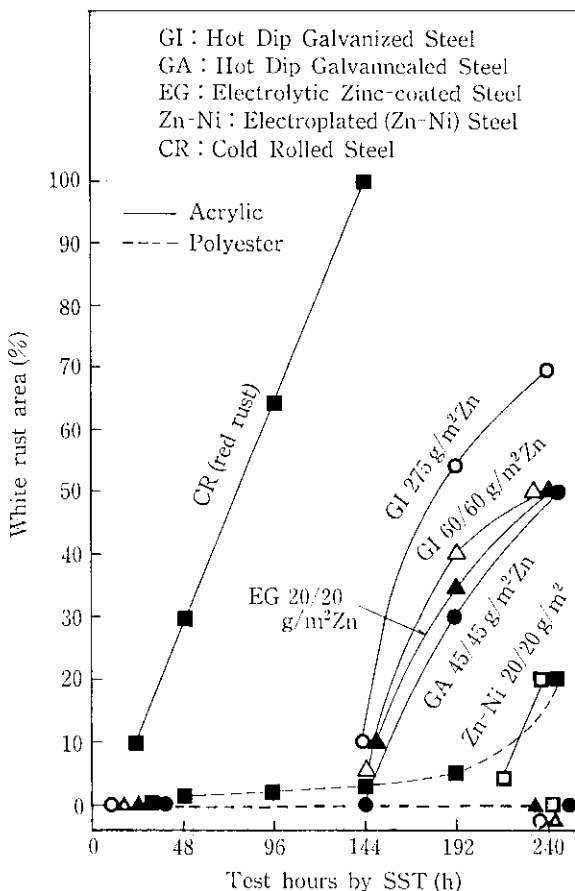


Fig. 7 Rust formation on the outside part bent at the radius of 1 t in salt spray test

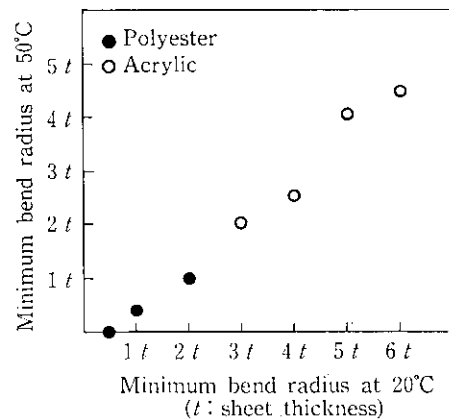


Fig. 8 Effect of testing temperature on the bending limit without crack in 180° bend test

4.5 標準塗膜種類

リバーブレックは、2コート2ベークの塗装システムにより製造されるが、前述した塗膜特性を十分に生かし、品質要求の多様化に即応できるように下記の標準塗膜系を常備している。

- (1) 加工性を重視した高加工性型 (Aタイプ)
- (2) 加工性、塗膜硬さおよび耐汚染性に調和したバランス型 (Bタイプ)
- (3) 耐きず付き性、耐汚染性を重視した高硬度型 (Cタイプ)

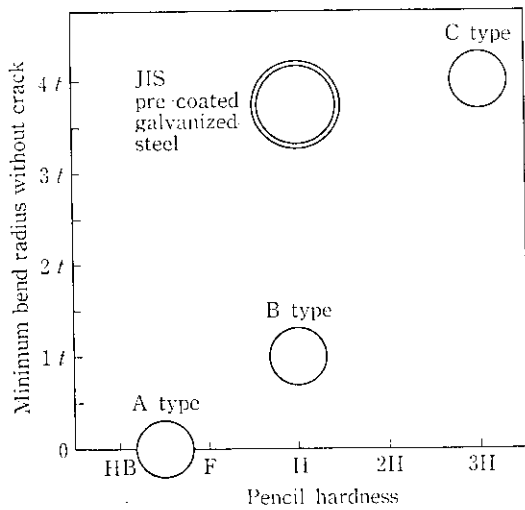


Fig. 9 Relation between pencil hardness and bending property of paint systems

これらの標準塗膜の硬さと曲げ加工性の関係を Fig. 9 に示す。今後の開発目標は、バランス型を更に改良し、加工性に非常に優れたかつ塗膜が硬く、耐きず付き性、耐汚染性にも優れた PCM をめざしている。

4.6 塗装設備の塵埃対策

塗装、焼付け工程においてさまざまな塵埃が塗膜に付着することがある。これらはダストスポットと称し、外観および耐食性上問題になるためその防止対策は非常に重要なものである。

4.6.1 ダストスポットの発生源

ダストスポットの成分、濃度、形態などを CCL 各部について詳細に分析し主要発生源であるオープン（焼付炉）内、塗装室内をはじめ降下塵埃の巻込みなどに対し効果的なクリーン化対策を行った。

4.6.2 クリーン化の概要

(1) オープン

塗膜の焼付け硬化は、燃焼ガスをオープン内でストリップに吹き付けることにより行われ、この熱風の一部は循環して使用される。燃焼室、オープン内に使用されている各種断熱材は熱風にさらされ劣化、脱落し循環ガス中に塵埃として混入しダストスポットの原因となるため断熱構造やその材料について工夫をこらし劣化、脱落の防止を行っている。更に循環ガス中に生成、濃化する

塵埃の防止対策として、燃焼循環ガスの解析を通して当社独自の燃焼循環システムを開発した。これにより今後一段と燃焼ガスのクリーン化が可能となったが、このシステムでは更に省エネルギー効果が得られる。

(2) 塗装室

塗装室内でのダストスポット発生は 40% を占める。塗装室内のクリーン化対策として密閉塗装室へのフィルターを介した清浄空気を送気とともにコーターの室外遠隔操作システムを導入し解決した。

(3) 降下塵埃

CCL のオープン出側からテンションリールの間は開放されているため建屋内の浮遊塵埃が降下してダストスポットとなる。このため CCL のオープン出側以降を特殊構造で覆い、内部のクリーン化を行った。

このようなクリーン化を実施することによりダストスポットの発生率は、改造前に比べて 1/5 に減少し、外観の要求品質が厳しい用途にも応えることが可能となった。

4.7 その他の対策

PCM の製品外観は、前述したように非常に厳しいものが要求され、僅かな取扱いきずも許されない。また、CCL で塗装、コイルング後も家電メーカーの要求によりスリット、シートカットなど板を取扱う機会が数多くある。これらの工程においても PCM 製造に適した対策を行い、一貫した品質管理および工程管理を行っている。製品のハンドリング時に保証面をきず付けないよう、裏面サービスコート塗料にも、硬さ、耐ブロッキング性およびすべり性などを考慮しているのも、その一例である。

5 結 言

建材用着色亜鉛鉄板を主とした生産から出発して、家電向けの器物加工用塗装鋼板 (PCM) として「リバーブラック」を製造開始して 6 年を経過した。PCM は建材用とは異なり、表面外観、加工性その他諸特性に高品質の製品が要求され、またその要求特性は家電メーカーごとに、また用途により異なり、多岐にわたる。これらの要求に対応すべく、原板、塗料および製造技術の開発、一貫した工程管理、品質管理体制の確立などを実施した。その結果、加工性、耐きず付き性、耐汚染性などに優れ、表面外観が美しい PCM 製造体制を確立した。

現在も、より一層加工性、耐きず付き性、耐汚染性などに優れた PCM の開発をめざしている。

参 考 文 献

1) 西原 賢, 塩田俊明: 「プレコート鋼板の動向」, 防錆管理, 26 (1982) 9, 327
 2) 関根健司, 島本幸三: 「家電製品への応用と課題」, 塗装技術, 21 (1982) 13, 87
 3) 岡 襄二: 「加工用プレコート鋼板」, 実務表面技術, 30 (1983) 10, 13
 4) 梅只威雄, 赤松定美, 中川雅司: 「器物加工用プレコート鋼板の光沢、

硬度、加工性」, 鉄と鋼, 67 (1981) 4, S 338
 5) 増原遼一, 坂井哲男: 「プレコート鋼板の塗膜特性」, 日新製鋼技報, 46 (1982), 71
 6) 古賀 武, 赤松定美, 梅只威雄, 佐藤晃一: 「各種材料によるプレコート鋼板の特性について」, 鉄と鋼, 68 (1982) 12, S1184