

(解説)

クロメートフリープレコート鋼板「コーベプレコートGX」

KOBE PRE-COAT GX Series (Chromate-free Pre-painted Steel Sheet)



貴答 豊*
Yutaka Kito



中元忠繁*
Tadashige Nakamoto



今堀雅司*
Masashi Imahori

Environmental protection has become an important global concern in recent years. The use of chemical substances, as part of environmental awareness, has attracted considerable public attention. Consumer-electronics makers, major consumers of coated steel sheets, have begun to curtail the use of some substances. One of these chemicals, hexavalent chromium, which gives excellent corrosion resistance to steels, has long been viewed as an indispensable substance for the practical application of steel sheet. Kobe Steel has developed a chromate-free pre-painted steel sheet: KOBE PRE-COAT GX. This article describes the design concepts involved in the coating of this steel.

まえがき = 近年、世界的な環境問題への関心が高まる中で、環境に対する化学物質の関与が注目されてきている。また、ISO14001 などの新たな環境マネジメントの導入により、企業の環境に対する取組みも活発化している。

このような状況の中で、当社は環境にやさしい製品開発や工場内の廃棄物削減に対して様々な努力を行ってきた。表面処理の分野では、一次防錆を目的として、特定化学物質に指定されている 6 価クロムを含むクロメート処理がこれまで汎用的に使用されてきた。しかし、需要家のクロメートフリー化の動きに対応して、クロメート処理を施さないクロメートフリー電気亜鉛めっき鋼板「コーベジンク グリーンコート GX 処理シリーズ」を開発・商品化し拡販している¹⁾²⁾。同様に、プレコート鋼板(PCM)についてもクロメートフリー化のニーズが高まっており、クロメートフリープレコート鋼板「コーベプレコート GX シリーズ」を開発したので、概要を紹介する。

1. プレコート鋼板のクロメートフリー化の現状

これまで需要家は、図 1 に示すように、鋼板を塗油 プレス 脱脂 塗装 組立の工程により、製品化してきた。プレコート鋼板は鉄鋼メーカーで塗装まで行うため、需要家ではプレス加工して製品に組立てる工程だけとなり、省工程や省コストが可能となる。しかし、需要家のプレス工程で打抜き加工が行われる場合、その切断部には鉄が露出するため、切断部(端面)の錆が問題となる。そこで、端面の防錆力を高めるために、プレコート鋼板ではクロメート系防錆顔料を含有させた塗膜構成となっている。プレコート鋼板のクロメートフリー化には、クロメート系防錆顔料に匹敵する防錆力を有するクロメートフリー系防錆顔料の開発が必要であるが、これまで十分な特性を有するものは開発されていない。そのため、オーディオや照明などの屋内用途を除き、より高い耐食性が要求される屋外用途でのプレコート鋼板のクロメートフリー化はまだ進んでいないのが現状であった。

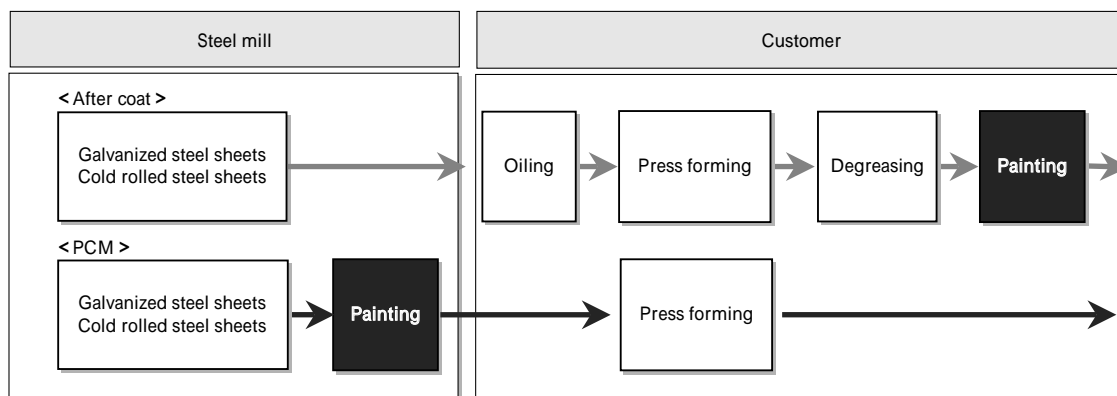


図 1 プレコート鋼板使用による工程省略
Fig. 1 Omission of processes with PCM

*鉄鋼部門 加古川製鉄所 技術研究センター

しかし、大手家電メーカーでは、全ての製品において環境負荷物質であるクロメートの使用を2004年から2005年にかけて全廃することを決定しており、屋外で使用されるプレコート鋼板のクロメートフリー化が急務となってきた。

2. プレコート鋼板の塗膜構成

図2にプレコート鋼板の塗膜構成を示す。プレコート鋼板は、下地処理を施した鋼板の上に、表面側に下塗りりと上塗りの2層の塗膜を形成し、裏面側には通常サービスコートと呼ばれる1層の塗膜から構成されている。

表面の塗膜には、需要家の要求する性能（塗膜物性）によって指定された色が着色される。裏面は鉄鋼メーカーの標準色が一般的に塗装される。なお、裏面についても需要家からの要求によっては、表面と同様に指定色に着色される場合もある。また塗膜物性についても、需要家の要求に沿って設計が行われる。

3. プレコート鋼板に対する要求性能

プレコート鋼板は、用途によって耐食性、加工性、塗膜硬度、耐汚染性、耐薬品性、耐候性など要求性能が異なる。これら種々の要求性能に対応するためには、まず原板を冷延鋼板、電気亜鉛めっき鋼板、熔融亜鉛めっき鋼板などから選択する。亜鉛めっき鋼板を使用する場合には、亜鉛めっきの付着量も考慮する必要がある。さらに、塗膜組成を決定するためには、上塗り塗料や下塗り塗料のベースとなる樹脂と架橋剤、さらには機能や意匠を付与する顔料などの選定と組み合わせによる塗膜物性変化などを調査・確認する必要がある。

クロメートフリー化を行うための最大の課題である耐食性については、屋内使用の照明用途では、JIS K 5600-7-1に規定された中性塩水噴霧試験を約120時間実施し評価する。評価方法としては、エッジシールをした平板での試験と、カッタナイフで鉄素地まで達する疵をクロスにに入れて試験するクロスカットの試験がある。この評価として、平板は約120時間経過後に錆（白錆または赤錆）などが発生せず異常がないこと、クロスカット部ではカットされた部分より片側当たりのフクレ幅を評

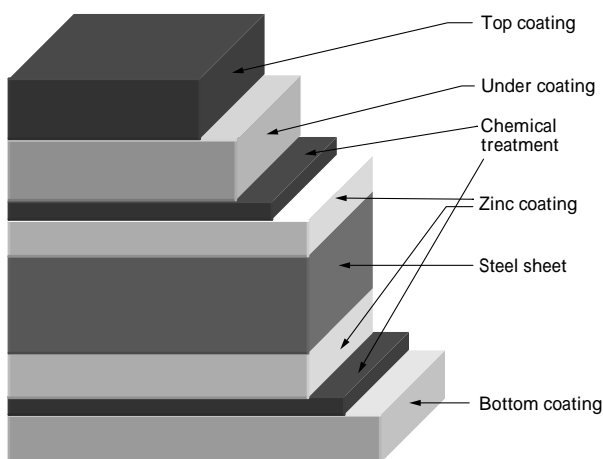


図2 プレコート鋼板の塗膜構成
Fig. 2 Structure of PCM



写真1 プレコート鋼板の打抜き部
Photo 1 Blanking parts of PCM

価する。また、屋外で使用される製品の中で、エアコン室外機は、写真1に示すような打抜き加工によって切断された端面が多く露出するため、より高い耐食性が要求される。そのため、平板およびクロスカットの試験に加え、端面（切断面）部の試験も実施する。その評価は、中性塩水噴霧試験を約240～700時間実施し、クロスカット部の片側当たりのフクレ幅と端面部のフクレ幅で評価する。

このように、プレコート鋼板をクロメートフリー化するためには、それぞれの用途ごとの要求性能に合わせ塗膜設計を行わなければならない。

4. クロメートフリー化への課題

プレコート鋼板では、下塗り塗膜と鋼板の密着性を付与する下地処理と耐食性を向上させる下塗り塗膜の防錆顔料にクロメートが使用されている。

下地処理のクロメートは、金属の表面処理の分野で広く用いられている処理方法であり、一般的に耐食性を向上させる目的で使用されている。プレコート鋼板では、塗布型クロメート処理が使用されており、鋼板の表面にクロメート処理液を塗布後、水洗なしで乾燥・焼付を行う。このプレコート鋼板に使用する塗布型クロメート処理は、クロメート処理液中にコロイダルシリカなどの添加剤を加えることで塗膜の密着性向上をはかっている。プレコート鋼板では、クロメート処理を施した後に、下塗りから上塗りの順に塗料が塗布され、それぞれ200以上の温度で焼付けられる。そのため、クロメート処理中の6価クロムが3価に還元され、本来クロメート処理の持つ耐食性の向上効果は失われてしまう。しかし、クロメート処理の持つもう一つの機能である密着性は失われることなく、鋼板あるいは亜鉛めっき層表面と下塗り塗膜との密着性を向上させることができる。

下塗り塗料にクロメート系防錆顔料として添加されるクロム酸ストロンチウムは、腐食環境でクロム酸イオンを溶出して、金属表面を不動態化することで防錆効果を発揮する。

クロメートフリープレコート鋼板「コーベプレコートGXシリーズ」は、下地のクロメート処理と下塗り塗膜

にクロメート系防錆顔料を使用せずに需要家の様々な要求性能を満足するため、下地処理としてコロイダルシリカとリン酸塩系の混合処理を採用した。一方、下塗り塗膜の防錆顔料としては、カルシウムイオン交換シリカとトリポリリン酸アルミを採用している。

しかし、クロメート系と同等レベルの耐食性を発揮するためには、クロメートフリー防錆顔料の添加量を増加する必要がある。下塗り塗膜の防錆顔料濃度を増加すると必然的に樹脂成分の比率が低下するため、曲げ加工や張出し加工などにおける塗膜の加工性が劣化する。そこで、下塗り塗膜と上塗り塗膜のベース樹脂や架橋剤の種類、添加濃度など、樹脂側からの加工性改善が必要となる。

5. 屋外用コーベプレコート GX

屋外用コーベプレコート GX の開発について、本稿ではエアコン室外機用クロメートフリープレコート鋼板の塗膜設計を事例として紹介する。

エアコン室外機用は、外部から空気を取り入れるオリフィス部などに絞りや張出しなどの厳しい加工と、空気を放出するヨロイド部などに打抜き加工が施される。そのため、プレコート鋼板には優れた加工性と耐食性が要求される。そこでプレコート鋼板の目標性能として、耐食性は中性塩水噴霧試験 700 時間後のクロスカット部フクレ幅は約 2mm 以内、また端面部フクレ幅は約 3mm 以内とした。また、加工性については、T 折曲げ性試験 0T で塗膜にクラックなしとした(表 1)。なお、T 折曲げ性試験は、以下に記載する方法とした。図 3 に示すように、50mm 角のサンプルを評価面(表面)を外側にして、サンプルと同じ板厚の鋼板を内面に挟んだ状態とし、20

の雰囲気下で 180 に折曲げ加工した。この折曲げ部を 10 倍のルーペで観察して、塗膜にクラックが発生しない最小の鋼板枚数(n 枚)を求めた。評価結果は nT で表現し、鋼板を 2 枚挟んだ場合は 2T と表示し、0 枚の密着曲げの場合は 0T と表示する。

原板としては、板厚 0.6mm、亜鉛付着量 90g/m² の溶

表 1 エアコン室外機用 PCM の目標性能
Table 1 Main properties of PCM for air conditioner

Items	Target properties
Flexibility	0T
Pencil hardness	No scratch with F
Corrosion resistance	Creep width of cross cut under 2mm Creep width of edge under 3mm (After salt spray test exposed for 700h)

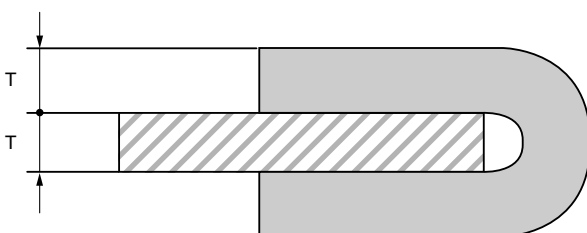


図 3 T 折曲げ性試験
Fig. 3 T bend test

融亜鉛めっき鋼板を用いた。クロメートフリー下地処理は、コロイダルシリカとリン酸塩系の混合処理を用いた。なお、付着量については、図 4 に示す下地処理付着量と耐食性の関係より、最も耐食性に優れた 75mg/m² とした。下塗り塗膜の膜厚は 10μm とし、クロメートフリー防錆顔料はカルシウムイオン交換シリカとトリポリリン酸アルミを適用した。さらに、上塗り塗膜の膜厚は 18μm とした。下塗りと上塗り塗膜に適用するベース樹脂は、表 2 に示すガラス転移温度(T_g)が約 20 で、かつ数平均分子量が 10 000 以上の高分子量ポリエステル系の樹脂を採用した。なお、ガラス転移温度とは、樹脂の物理的性質が変化する温度のことで、この温度以下で樹脂のフィルムはガラス状の硬い状態となり、この温度を超えるとゴム状の弾性を持った状態に変化する。ガラス転移温度が高すぎると加工性が劣化し、低すぎると軟らかくなり耐疵付き性が劣化する。そのバランスを考慮して、常温付近のガラス転移温度約 20 の樹脂を選定した。

以上のようにして、塗膜設計したクロメートフリープレコート鋼板について、耐食性と加工性の評価を実施した。耐食性は中性塩水噴霧試験約 700 時間経過後のクロスカット部のフクレ幅と端面部フクレ幅(上バリ)を観察した。一方、加工性については塗膜の T 折曲げ性試験を実施し、折曲げ部の塗膜に生じるクラックを観察評価した。

今回塗膜設計したクロメートフリープレコート鋼板の中性塩水噴霧試験の結果を、図 5 に示す。図 5 より、クロスカット部および端面部ともに、目標のフクレ幅 2mm と 3mm 以内を達成できなかった。また、加工性についても T 折曲げ性試験で、2T となり目標の 0T を満足させることができなかった(下塗り塗膜 A)。

そこで、耐食性をさらに向上させるために、下塗り塗

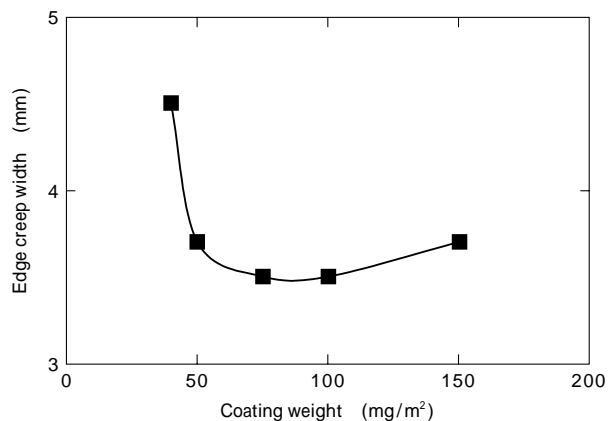


図 4 下地処理付着量と端面耐食性の関係
Fig. 4 Relation between coating weight of chemical treatment and edge creep width

表 2 塗膜特性
Table 2 Characteristic of coatings

	Under coating A	Top coating
Type	Polyester resin	Polyester resin
T _g (°C)	20	20
Molecular weight	14 000	12 000

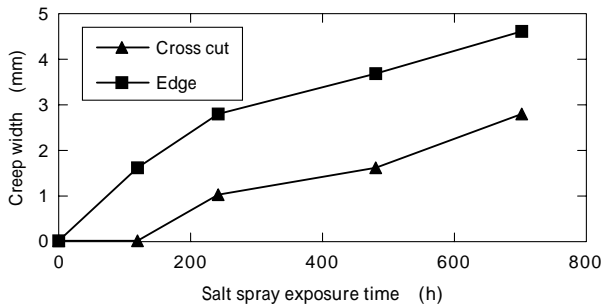


図5 塩水噴霧試験後のクロスカット部と端面部のフクレ幅 (下塗り塗膜A)
 Fig. 5 Creep width of cross cut and edge after salt spray test exposure (Under coating A)

表3 下塗り塗膜特性
 Table 3 Characteristic of under coatings

	Under coating B
Type	Polyester resin
T_g (°C)	7
Molecular weight	20 000

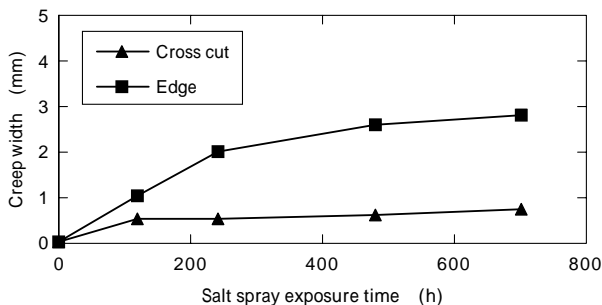


図6 塩水噴霧試験後のクロスカット部と端面部のフクレ幅 (下塗り塗膜B)
 Fig. 6 Creep width of cross cut and edge after salt spray test exposure (Under coating B)

料に添加する防錆顔料の組成を見直し、腐食環境において溶出性の高い顔料を多く配合した。一方、加工性については塗膜の柔軟性を向上させるため、下塗り塗膜に使用するベース樹脂のガラス転移温度を低くし、さらに分

子量の大きな樹脂を適用することにした(表3)。なお、上塗り塗膜については、耐疵付き性などを考慮して現行組成と同様にして、クロメートフリープレコート鋼板を試作・評価した。

耐食性については、中性塩水噴霧試験後のクロスカット部と端面部の塗膜フクレ幅は、図6に示すように目標性能を満足する結果が得られた。また、加工性についても、T折曲げ性試験でOTの値を得ることができた(下塗り塗膜B)。

このようにして、改善したクロメートフリープレコート鋼板は、エアコン室外機に加工し、沖縄と加古川において暴露試験を実施中である。

むすび=当社は、環境保護の観点から、クロメートを含まないプレコート鋼板を開発してきた。

当社で開発した照明やオーディオなどの屋内用途、および冷蔵庫、洗濯機といった準屋外用のクロムフリープレコート鋼板³⁾は、既に需要家の承認を受け、クロメートタイプから切替えが進んでいる。また、本稿で紹介したエアコン室外機についても、サンプルトライなどの承認取得活動を実施しているところである。このエアコン室外機用の商品化により、当社のクロメートフリープレコート鋼板のメニュー化が完了し、全需要家のクロムフリー化のニーズに対応できる体制を整えることとなる。今後も、環境負荷物質低減の観点から、現行プレコート鋼板からクロメートフリープレコート鋼板への切替えを積極的に進めていく所存である。

参考文献

- 1) 中元忠繁ほか: R&D 神戸製鋼技報, Vol.50, No.3(2000) p.24.
- 2) 梶田富男ほか: R&D 神戸製鋼技報, Vol.51, No.1(2001) p.53.
- 3) 貴答豊ほか: R&D 神戸製鋼技報, Vol.51, No.3(2001) p.88.