

低摩擦・耐磨耗型塗装ステンレス鋼板

大久保 謙一・原 丈人・森 浩治・村上 雅洋

日新製鋼株式会社
日新製鋼技報 No.90 別冊
平成21年12月

|||||
新商品紹介
 |||||

低摩擦・耐摩耗型塗装ステンレス鋼板

大久保 謙 一* 原 丈人** 森 浩治*** 村上 雅洋****

Low Friction & abrasion resistance Coated Stainless Steel Sheet

Ken-ichi Ookubo, Taketo Hara, Koji Mori, Masahiro Murakami

1. 緒言

近年、携帯IT機器やOA関連機器は小型化・軽量化に加え多機能化が進み、限られた容積に実装する部品点数が増加している。こうした背景から、これらの機器内の部品には様々な工夫がなされている。

その中でも機器内の可動部の部品には、部品同士が擦れることから、良好な滑り性すなわち低摩擦性以外に、磨耗や物理的な衝撃への耐久性が必要となる。そこで、可動部には低摩擦性および耐久性に優れたエンジニアリングプラスチックを成形した部品が多用されている。しかし、エンジニアリングプラスチックでは部材の強度確保のため薄肉化できず部品の小型化に限界があり、その改善策として金属材料表面に低摩擦性、耐摩耗性に優れた塗装を施した薄肉部品が注目されている。

こうした小型部品を成形加工後に塗装して製造する場合、塗装一回あたりの製品重量が小さい、塗装用治具へのセットに手間がかかる、塗料ロスが多い、ことなどから

コスト高となる場合が多いが、プレコート鋼板を適用すれば鋼板を成形加工するだけで製品となるためこれらの問題をクリアできる。一方で、塗膜に低摩擦性や耐摩耗性の機能を付与させること以外にプレス加工など施すため、塗膜に加工性、密着性を付与することが必須である。

当社ではこれまでの機能性塗装鋼板開発の知見を活かし、塗料組成をはじめとした製品構成の見直しと改善により、これらの品質特性をバランスさせた新しい塗装ステンレス鋼板を開発した。本稿では、新製品「低摩擦・耐摩耗型塗装ステンレス鋼板」の製品構成および品質特性について紹介する。

2. 低摩擦・耐摩耗型塗装ステンレス鋼板の製品構成

当社の低摩擦・耐摩耗型塗装ステンレス鋼板の製品構成を図1に示す。本製品は各種ステンレス鋼板に塗装前処理を施した上に、下塗り塗膜および上塗り塗膜を設けた2コート2ベーク仕様のプレコート鋼板である。

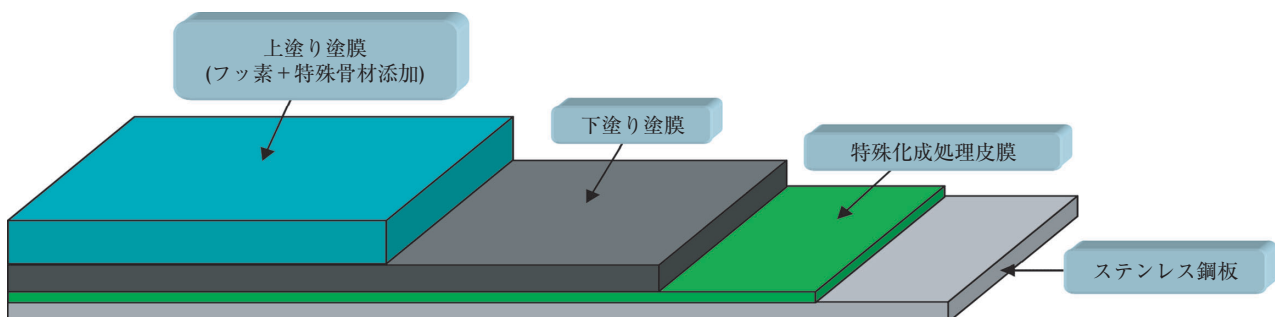


図1 低摩擦・耐摩耗型塗装ステンレス鋼板の製品構成

Fig.1 Structure of low friction & abrasion resistance coated stainless steel sheet.

*技術研究所 塗装・複合材料研究部 塗装第二研究チーム
 **技術研究所 塗装・複合材料研究部 塗装第一研究チーム 主任研究員
 技術研究所 知的財産戦略室 室長 *市川製造所 品質保証チーム

塗装原板となるステンレス鋼板には、一般的なSUS430、SUS304に加え、高成形加工に対応できる軟質な高加工用ステンレス鋼板および、バネ性を有する高強度ステンレス鋼板などが適用でき、客先の要求に適したステンレス鋼板が使用可能である。

塗装前処理は6価クロムなどRoHS指令に規定されている環境負荷物質を含まない特殊化成処理皮膜を設けている。

上塗り塗膜は耐熱性、耐衝撃性を有するポリエーテルスルホン樹脂（以下、PESと記す）をベース樹脂とし、PES中に低摩擦性を発現させるフッ素樹脂と耐磨耗性を

発現させるための特殊骨材を添加した塗料を高温焼成して設ける。図2に焼成前後の状態模式図を、図3にEPMAによる焼成時の塗膜断面元素分布を示す。フッ素樹脂は塗料中では微粒子状態で均一に分散しているが、適正な焼成条件を選ぶことにより、熔融し集合しながら塗膜表面側に移動する。この特徴を利用して上塗り塗膜表面層がフッ素樹脂薄膜で覆われた二層構造を形成させることができ¹⁾、優れた低摩擦性を発現させている。

下塗り塗膜は上塗り塗膜との密着性を付与させるため、上塗り塗膜に含まれるPESをベース樹脂として使用

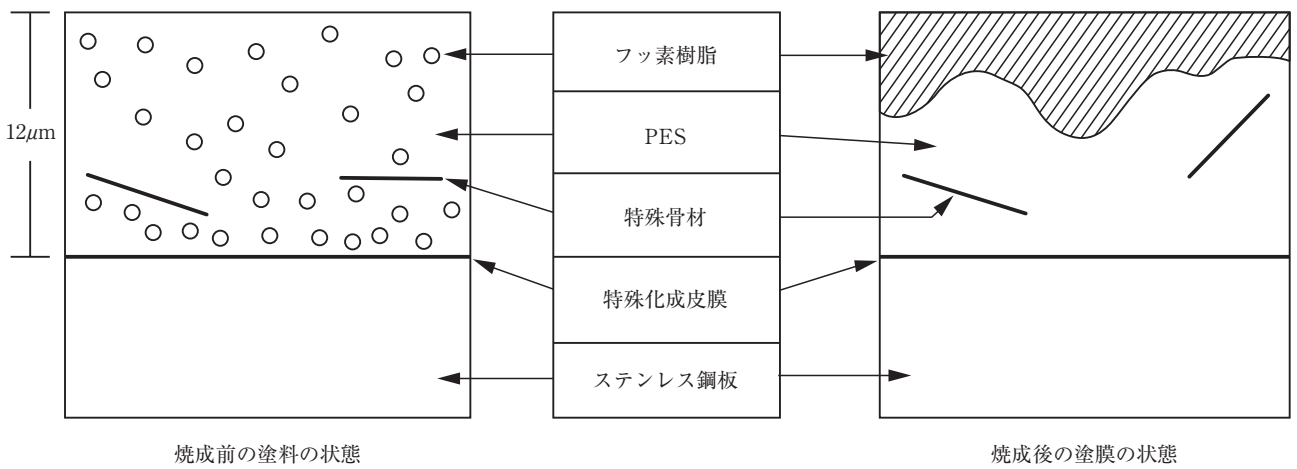


図2 焼成前後の塗膜状態の模式図

Fig. 2 Model of components in coated film before and after baking.

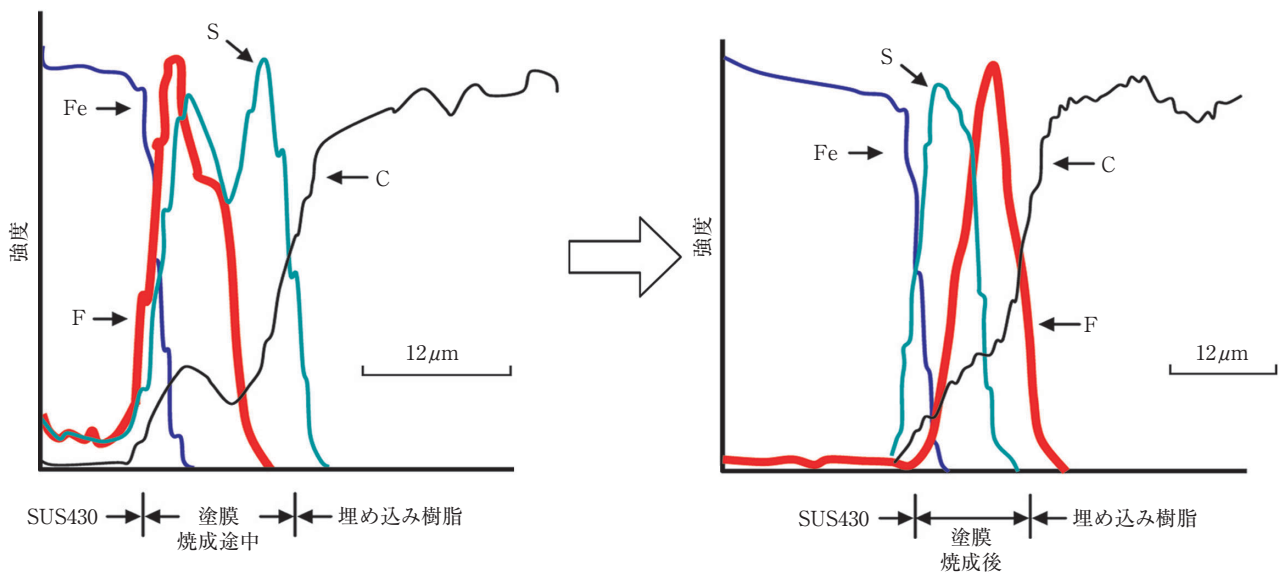


図3 焼成時の塗膜断面元素分布(EPMAによる)

Fig. 3 Distribution of elements in coated film by EPMA.

し、耐食性を付与させるため、環境負荷物質を含まない防錆顔料を添加している。さらに、防錆顔料の添加量を最適化することで、成形加工性に必要な塗膜の柔軟性と密着性が得られている。

3. 低摩擦・耐磨耗型塗装ステンレス鋼板の品質特性

3.1 供試材明細

本稿では供試材の塗装原板として塗装前処理皮膜を設けた板厚0.3mmのSUS430を用いる。

開発材の品質特性を具体的に説明するため、前述した下塗り塗膜および上塗り塗膜を設けた開発材を準備した。

また開発材との品質特性を比較するため、分子量11,000のポリエステル樹脂（ワックスフリー）を上塗り塗膜とし、下塗り塗膜は上塗り塗膜との密着性からエポキシ変性ポリエステル樹脂からなる汎用的なプレコート鋼板を比較材として準備した。

3.2 低摩擦・耐磨耗型塗装ステンレス鋼板の基本特性

開発材の塗膜硬度および塗膜密着性を表1に示す。開発材はいずれの試験項目においても塗膜はく離は認められない。この優れた密着性は、特殊化成処理皮膜および適正な下塗り塗膜によるものである。

表1 低摩擦・耐磨耗型塗装ステンレス鋼板の一般特性

Table 1 General properties of low friction & abrasion resistance coated stainless steel sheet

項目	試験方法	試験結果
塗膜	硬度鉛筆硬度(疵付き)	2H
塗膜密着性 ¹⁾	ごぼん目試験(間隔:1mm)	5
	デュボン衝撃試験 (重り:500g, 高さ:50cm)	5
	エリクセン試験(5mm押し出し)	5

1) 塗膜密着性の評価

JIS Z 1522 による幅18mmのセロハン粘着テープはく離後の塗膜のはく離状態を5段階評価

(優)5 4 3 2 1(劣)

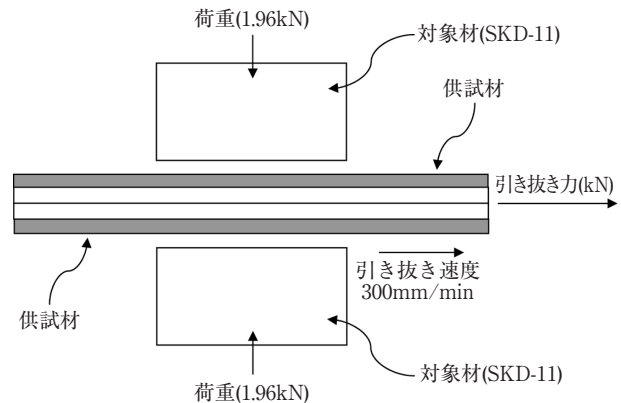
3.3 低摩擦・耐磨耗型塗装ステンレス鋼板の表面特性

3.3.1 低摩擦性

供試材の低摩擦性は図4に示す平板摺動試験による摩擦係数で評価した。

平板摺動試験条件

サンプルサイズ	30×300mm
対象材	SKD-11材
荷重	1.96kN
引き抜き速度	300mm/min
引き抜き距離	100mm
試験温度	常温
塗油	なし



$$\text{摩擦係数} = \text{引き抜き力(kN)} / 2 \times \text{荷重(1.96kN)}$$

静摩擦係数の場合:引き抜き力は引き抜き直後の最大引き抜き力を用いる

動摩擦係数の場合:引き抜き力は引き抜き20秒後の引き抜き力を用いる

図4 平板摺動試験条件

Fig. 4 Condition of flat die sliding test.

図5に摩擦係数の評価結果を示す。開発材の静摩擦係数および動摩擦係数は比較材に対して低く、優れた低摩擦性を有していた。これは前述のように摩擦係数の低いフッ素樹脂が塗膜表層を覆っていることに起因するものである。

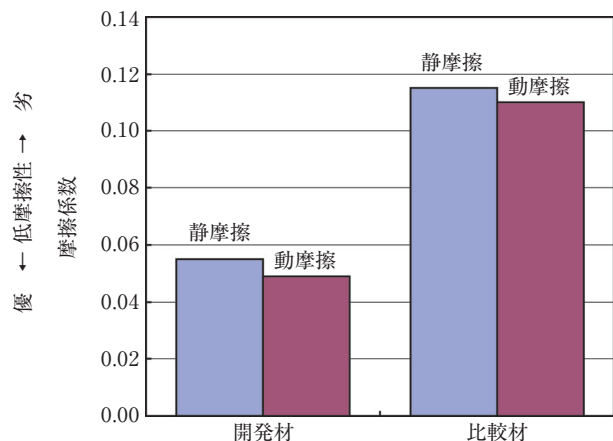


図5 供試材の摩擦係数

Fig. 5 Friction coefficient of specimens.

耐磨耗性試験条件

サンプルサイズ	50×120mm
磨耗材	ナイロン不織布, φ30mm
荷重	7.4N
滑り速度	100mm/min
滑り距離	40mm
試験回数	10,000回往復
試験温度	常温
塗油	なし

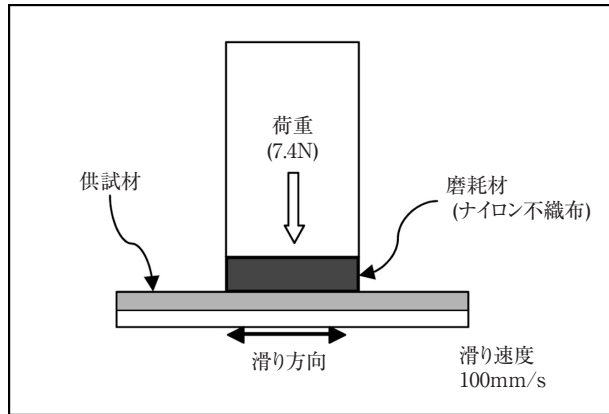


図6 耐磨耗性試験条件
Fig. 6 Condition of method of abrasion resistance test.

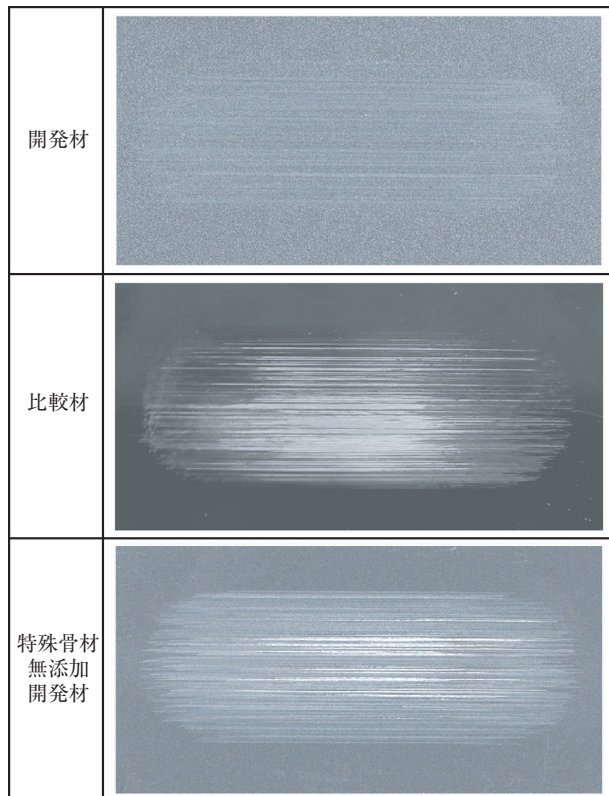


図7 耐磨耗性試験後の外観
Fig. 7 Appearance of after abrasion resistance test of specimens.

3.3.2 耐磨耗性

図6に供試材の耐磨耗性試験方法を示す。荷重をかけた研磨粒子付きナイロン不織布を供試材の塗膜表面上で10,000回往復させ、目視により塗膜の磨耗状態を評価した。また、耐磨耗性におよぼす特殊骨材の影響を確認するため、開発材から特殊骨材を除いた材料も評価した。図7に試験後の外観を示す。

開発材は塗膜表層に若干の傷が認められるものの、特殊骨材の効果で素地鋼の露出は認められず、比較材に対して優れた耐磨耗性を有していた。これは塗膜中に分散された特殊骨材が研磨剤およびナイロン不織布による塗膜の磨耗を防ぐためと考える。

3.4 低摩擦・耐磨耗型塗装ステンレス鋼板の加工性

加工性は絞り加工試験を行った際の外径比 (O. D. R. (Outer Diameter Ratio)) により評価した。図8に試験結果を示す。

絞り加工試験条件

項目	条件
パンチ径	40.5mm
パンチ肩半径	5mm
ダイス内径	41.5mm
ダイス肩半径	3mm
ブランク径	88mm
しわ押さえ力	30kN
絞り比	2.173
塗油	なし

O.D.R. = 絞り加工による割れ発生時の外径*/ブランク径
*絞り加工による割れ発生時の外径 = (最大外径+最小外径)/2

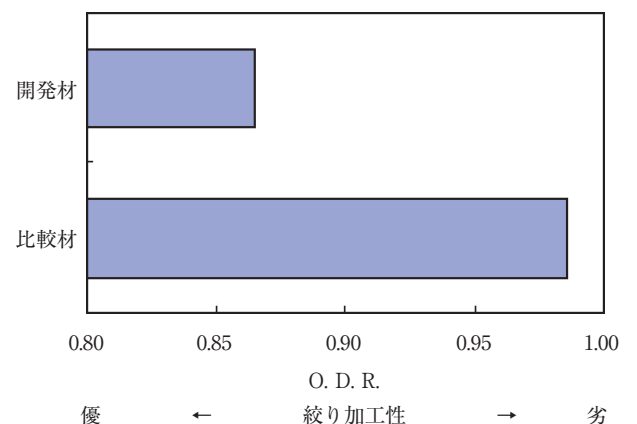


図8 絞り加工性試験における外径比 (O.D.R.)
Fig. 8 Outer diameter ratio (O.D.R.) in deep drawing test of specimens.

開発材は比較材より優れた加工性を有している。これは、低摩擦性を有するフッ素樹脂が表面を覆っていることで加工金型と塗膜表面間に生じる摺動抵抗を低減させ、成形力が減少し成形限界が向上するためである²⁾。

3.5 低摩擦・耐磨耗型塗装ステンレス鋼板の切断端面塗膜密着性

プレコート鋼板では、切断時に端面部の塗膜がヒゲ状にはく離する現象（以下、エナメルヘアと記す）が発生する場合がある。エナメルヘアが発生すると外観低下のみならずデジタル機器関連などの精密機器部材では、脱落した塗膜が機器内に入り故障の原因となる可能性がある。そこで開発材のエナメルヘア発生状況を確認するため、図9に示す打ち抜き試験を実施し、断面から塗膜の状況を確認した。図10に断面状態を示す。

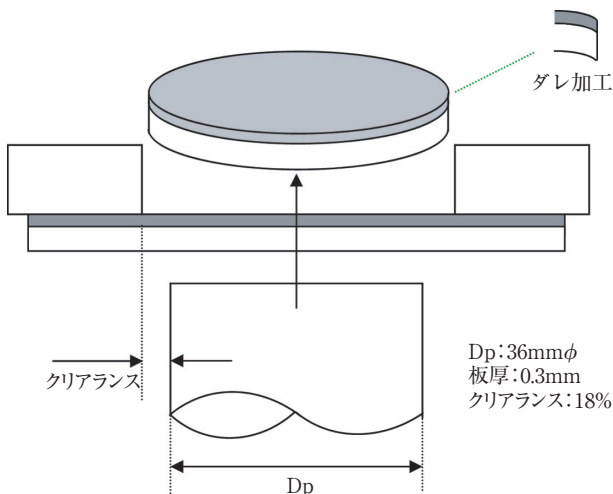


図9 打ち抜き試験条件

Fig.9 Condition of stamping out test.

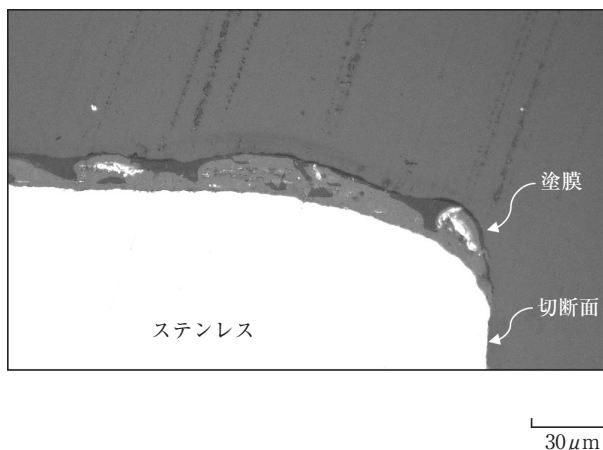


図10 切断端面部の断面状態

Fig.10 Cross sectional microstructure of cutting edge portion.

切断端面部では加工による原板および塗膜のダレが観察されるものの、塗膜の浮きやはく離は認められず、本開発材は切断端面部でも優れた塗膜密着性を有することが確認された。

3.6 まとめ

表2に低摩擦・耐磨耗型塗装ステンレス鋼板の各種品質特性を示す。

低摩擦・耐磨耗型塗装ステンレス鋼板は汎用プレコート鋼板と比較して低摩擦性、耐磨耗性および加工性に優れており、プレコート鋼板としての一般特性と特殊機能とをバランスさせた塗装鋼板である。

表2 低摩擦・耐磨耗型塗装ステンレス鋼板の品質特性性

Table 2 Properties of low friction & abrasion resistance coated stainless steel sheet

塗膜硬度	塗膜密着性			低摩擦性		耐磨耗性	加工性
	ごぼん目試験	デュボン衝撃試験	エリクセン試験	静摩擦係数	動摩擦係数		
○	○	○	○	◎	◎	◎	◎

評価：ポリエステル樹脂系塗装鋼板との比較(◎：優れる ○：同等 △：劣る)

4. 使用例

開発材は6価クロムなどの有害物質を含まず、環境適合性に優れた機能性塗装鋼板として次世代記録メディア内部の部品に採用されている。

5. 結言

当社の低摩擦・耐磨耗型塗装ステンレス鋼板の諸特性を紹介した。

これは、ステンレス薄板メーカーである当社のステンレス鋼板に当社の独自技術である塗装前処理、塗膜設計を適用することにより開発した。

今後、当社の低摩擦・耐磨耗型塗装ステンレス鋼板が携帯IT機器・OA関連機器などの耐磨耗性が必要な可動部材に適用されることを期待する。

参考文献

- 1) 菅原広志, 坂井哲男, 福本博光, 前田靖治, 森本昌孝, 竹尾学: 日新製鋼技報, 67 (1993), 134.
- 2) 片岡征二: プレス加工のトライボロジー, 日刊工業新聞社 (2002), 33.