

オイルフリー成形可能な潤滑鋼板

Lubricative Coated Steel Sheets with Oil-free Formability

宮内 優二郎^{*(1)}

Yujiro MIYAUCHI

菊地 郁夫^{*(5)}

Ikuo KIKUCHI

金井 洋^{*(2)}

Hiroshi KANAI

平 武 敏^{*(3)}

Taketoshi TAIRA

勝見 俊之^{*(4)}

Toshiyuki KATSUMI

抄 録

近年地球環境保全に対する関心が高まり、製造業は種々な対応をしている。その一つがオゾン層破壊物質の廃止問題である。鋼板のプレス成形加工においては、通常プレス油などの塗布及び成形加工後の油や汚れなどの洗浄を行う。しかし、洗浄剤である1,1,1トリクロロエタンや特定フロンはオゾン層破壊物質として1996年からその使用が禁止された。これらの背景からプレス成形加工時の潤滑油を省略できる潤滑鋼板が開発された。潤滑鋼板は鋼板に潤滑性の皮膜が付与されており、無塗油での成形加工が可能であるため脱脂洗浄剤を必要としない特徴を持っている。潤滑鋼板の特徴と特性について報告した。

Abstract

With the recent heightening of awareness regarding environmental protection, the manufacturing industry has investigated actions to several problems. One of the problems is discontinuing the use of ozone depleting substances. The press forming process needs the lubrication and cleaning of oil after forming. However, the 1,1,1-trichloroethane and special fluoro-hydrocarbon are prohibited by law from 1996 because they are ozone depleting substances. For this reason, we developed the lubricative coated steel sheets which have formability without pressing oil. The lubricative coated steel sheets have self-lubricating ability in dry press forming process without cleaning agents. In this paper, we introduce the performance of lubricative coated steel sheets.

1. 緒 言

鋼板のプレス成形加工には、通常プレス油などの潤滑油が必要である。潤滑油はそれ自体作業環境を汚しやすい欠点があるほか、成形加工後油を除去するための脱脂洗浄工程が必要である。従来その油除去にはトリクロロエタンやフロンなどの洗浄剤を用いていたが、これらは1987年のモントリオール議定書¹⁾によりオゾン層破壊物質として使用、製造の規制が決定された。その後、我が国では1992年のコペンハーゲン改定に従い、1996年から特定フロン及び

トリクロロエタンなどの生産、輸入が全廃²⁾された。

上記の背景により、これらの規制対象溶剤を使用している各産業ではその代替手段の検討を余儀なくされた。これらに対し潤滑鋼板は、潤滑油を省略してもプレス成形加工が可能なることから、潤滑油の塗布そのものが省略できるだけでなく、潤滑油の脱脂工程も省略でき、更にはオイルレスのクリーンな作業環境が実現するなどの多くの利点をもっている(表1参照)。

本報告では、潤滑鋼板の特徴と特性について電気亜鉛めっき鋼板を下地とした場合を中心に報告する。

表1 プレス加工成形プロセスにおける塗油、脱脂手段と課題及び潤滑鋼板の利点

鋼板種	塗油工程	プレス工程	脱脂工程	課題
冷間圧延鋼板、めっき鋼板	通常プレス油	通常	フロン、トリクロロエタン脱脂等	オゾン層破壊
冷間圧延鋼板、めっき鋼板	通常プレス油	通常	可燃性溶剤脱脂	排気設備、防火設備
冷間圧延鋼板、めっき鋼板	通常プレス油	通常	水系脱脂	排水処理設備
冷間圧延鋼板、めっき鋼板	揮発性プレス油	通常	不要	排気設備、成形性
潤滑鋼板	不要	オイルレス環境	不要	—

*⁽¹⁾ 君津技術研究部 主任研究員
千葉県君津市君津1番地 ☎299-1141 ☎(0439)50-2545

*⁽²⁾ 鉄鋼研究所 表面処理研究部 主幹研究員 工博

*⁽³⁾ 君津製鐵所 品質管理部 マネジャー

*⁽⁴⁾ 新潟支店 鋼材グループ マネジャー

*⁽⁵⁾ 広畑製鐵所 生産技術部 マネジャー

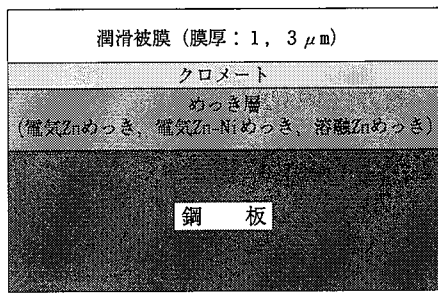


図1 潤滑鋼板の皮膜構成モデル

2. 潤滑鋼板の皮膜構造と特徴

潤滑鋼板は図1に示すように、電気めっき鋼板、溶融めっき鋼板などを下地とし、その上層にクロメート皮膜を介し、潤滑性を有する有機皮膜層を被覆させた構造になっている。有機皮膜層の厚みによって溶接性、導電性を有した薄膜型(1 μm)と深絞り性と耐食性を重視した厚膜型(3 μm)がある。

潤滑性を有する有機皮膜の潤滑特性は、プレス成形時の成功を左右するもっとも重要な特性である。通常のプレス潤滑油を塗布して得られる鋼板の潤滑性は、一般的には動摩擦係数で0.10~0.15、高潤滑剤を使用した時には0.06程度³⁾である。潤滑鋼板はプレス油を省略した場合にも深絞り用途に対応可能な高潤滑剤なみの潤滑特性が付与されている^{4,5)}。

3. 品質特性

3.1 プレス成形性

潤滑鋼板に要求される性能の中でもっとも重要な特性は無塗油下でのプレス成形性である。潤滑鋼板の無塗油下での動摩擦係数は、プレス油を塗布した耐食クロメート鋼板や耐指紋性有機被覆鋼板(以下UF鋼板と称す)よりも低く、優れた潤滑性を有している(表2参照)。

この優れた潤滑性はプレス成形時における深絞り特性に大きな影響を与える。図2は電気亜鉛めっき鋼板(めっき付着量20g/m²)を下地とする厚膜型(3 μm)の潤滑鋼板の無塗油時の成形性を、同等皮膜厚のUF鋼板と比較調査した試験結果を示している。試験条件はエリクセン円筒絞り試験機で50mmφの円筒カップ成形を行い、その限界絞り比を調査した。潤滑鋼板の無塗油下での限界絞り比はプレス油塗布下でのUF鋼板よりも優れる。潤滑鋼板はプレス油を使用せずに深絞り加工が可能であり、かつ非常に優れたプレス成形

表2 各種表面処理鋼板の動摩擦係数

鋼板種	膜厚(μm)	塗油条件	動摩擦係数
潤滑鋼板	1	無塗油	0.06
潤滑鋼板	3	無塗油	0.06
UF鋼板	1	無塗油	0.19
UF鋼板	1	プレス油塗油	0.15
耐食クロメート鋼板	-	無塗油	0.48
耐食クロメート鋼板	-	プレス油塗油	0.15

プレス油：日本工作油(株) #620
 動摩擦係数：装置：ヘイドン社製摩擦係数測定装置
 条件：SUS304製10mmφ球
 荷重：100gf
 摺動速度：100mm/min

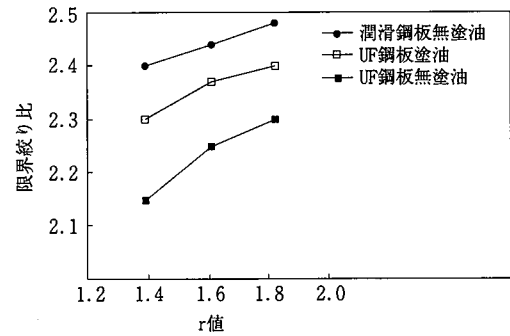


図2 限界絞り比に及ぼす鋼板材質と鋼板種類の影響

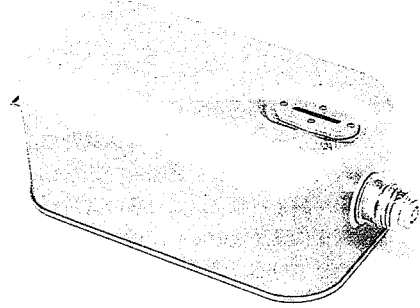


写真1 潤滑鋼板を用いたプレス加工例(ファンヒーターカートリッジタンク)

性を有している事がうかがえる。また、深絞り加工性はr値に代表される鋼板の材質に影響を受けるが、潤滑鋼板はいずれの鋼板材質でも優れた特性を示した。

このように潤滑鋼板は無塗油下でのプレス成形性が優れていることから、さまざまな成形加工品に採用されている。石油ファンヒーターのカートリッジタンクで代表される深絞り部品やオーディオ機器のシャーシなどのフランジ加工部品にも数多く使用されている。写真1は連続実プレス成形された石油ファンヒーターのカートリッジタンクで、かじりもなく、良好な外観を示している。

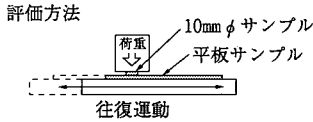
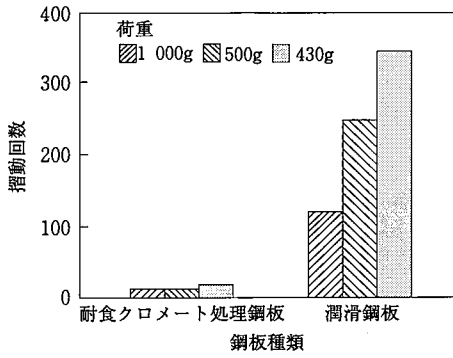
3.2 連続摺動性

VTRシャーシ廻り部品類、テープレコーダー機械部品などは、鋼板とVTRカセットテープあるいは鋼板と鋼板との繰り返し摺動を受ける。このような部位にも潤滑鋼板は有効である。

潤滑鋼板は皮膜の摩擦係数が非常に低いことからプレス成形性以外に優れた連続摺動性を示す。図3は連続摺動における耐傷つき性を皮膜に傷が入るまでの摺動回数で調査した結果である。耐食クロメート処理鋼板に比べて潤滑鋼板の連続摺動回数が著しく増加している。

3.3 耐食性

潤滑鋼板の耐食性は有機皮膜による環境遮断効果が大きく、厚膜型の方が良好である。薄膜型の潤滑鋼板でも耐食クロメート処理鋼板と比較すると白錆発生までの時間は長く、耐食性が優れる。図4は電気亜鉛めっき鋼板(めっき付着量20g/m²)を原板とした潤滑鋼板と耐食クロメート処理鋼板の耐食性を塩水噴霧試験(JIS Z 2371)で調査した結果を示している。厚膜型の潤滑鋼板の耐食性ももっとも長く、ついで薄膜型潤滑鋼板、耐食クロメート処理鋼板の順である。溶融亜鉛めっき鋼板を下地としたときにもまったく同様な傾向であつた⁶⁾。また、潤滑鋼板の潤滑性が良いために加工による皮膜



ラビングテストを用いてサンプルの撓動面にきずが入るまでの回数を測定
下地原板：電気亜鉛めっき鋼板 (20g/m²)

図3 潤滑鋼板の連続撓動性

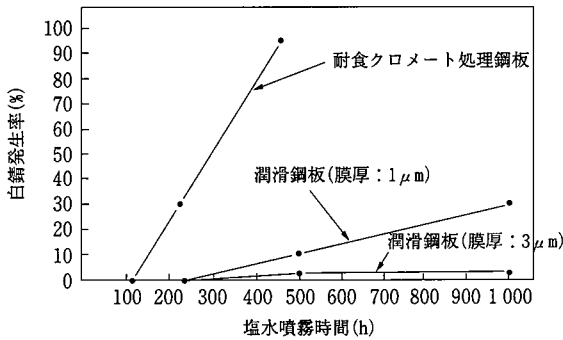


図4 潤滑鋼板の耐食性

損傷が少なく、加工後の耐食性も良好である。

3.4 上塗り塗装密着性、耐溶剤性

潤滑鋼板は基本的には無塗装で使用されることを前提としているが、用途によっては成形した後に着色などを目的に塗装される場合もある。表3に一般塗装用のメラミンアルキッド樹脂塗料と、シルク印刷用のエポキシ樹脂系インクを潤滑鋼板の上に塗装したときの塗装密着性を示す。薄膜型、厚膜型ともに上塗り塗装やシルク印刷用インクを潤滑鋼板の表面に直接ほどこしても良好な密着性が得られる。4mmφや4T折り曲げ部等の加工部でも上塗り塗装密着性

は良好である。

潤滑鋼板はプレス油なしで成形加工可能であるが、加工が特に厳しい場合、金型への皮膜かす付着による押しきず防止の観点から揮発性のプレス油を使用する場合がある。揮発性のプレス油には乾燥性をあげるために溶剤が含まれており、潤滑鋼板の有機皮膜が溶剤によって変質しないことが必要である。また、石油ファンヒーターのカートリッジタンクなどは灯油と直接接する環境で使用されることから、耐灯油性も潤滑鋼板の重要な特性である。

表4にラビング試験機を用いて潤滑鋼板の耐溶剤性を評価した結果を示す。使用した3種類の溶剤に対しては実用上問題のない耐久性をもっている。

3.5 溶接性

鋼板の接合にはスポット溶接などの抵抗溶接による手法が一般的に用いられており、潤滑鋼板についても溶接性が必要な用途が多い。溶接性は有機皮膜の厚みによる影響が大きい。有機皮膜の層間抵抗は有機皮膜が厚いほど大きくなり、厚膜型のように有機皮膜が3μmも塗布されているとスポット溶接による接合方法は適さない。皮膜厚み1μmの薄膜型の場合には問題なく溶接できる。なお、厚膜型の場合にはかしめ接合、ビス止め接合あるいはこれらに接着剤を併用する等の手法が一般的に用いられている。

図5に薄膜型潤滑鋼板の適正溶接電流範囲を測定した結果を示す。潤滑鋼板の適正電流範囲は有機皮膜がない耐食性クロメート処理鋼板に比べ低電流側にシフトする特性がある。ただし、適正電流範囲の幅はあまり変化しない。

表4 潤滑鋼板の耐溶剤性

評価サンプル		灯油	キシレン	ベンジン
めっき種類	区分			
電気Znめっき	薄膜型	◎	○	◎
	厚膜型	◎	○	◎
電気Zn-Niめっき	薄膜型	◎	○	◎
	厚膜型	◎	○	◎
溶融Znめっき	薄膜型	◎	○	◎

評価 ◎：跡が付かない、○：跡が付くが剥離なし、
△：部分的に塗装剥離、×：完全塗装剥離
試験条件 ラビング試験機
荷重：500g/cm²
50mm長さを10回往復
(灯油は50回往復)

表3 上塗り塗装密着性評価結果

(評価：悪1→10良)

評価サンプル			一般塗装(アマラックNo.3)				シルク印刷インク(#1000)			
種類	区分	めっき種類	基盤目	4mmφ部	4T部	外観	基盤目	4mmφ部	4T部	外観
潤滑鋼板	薄膜型	電気Znめっき	10	10	10	良好	10	10	10	良好
	厚膜型	電気Zn-Niめっき	10	10	10	良好	10	10	10	良好
耐食クロメート鋼板		電気Znめっき	9	1~2	1	良好	10	7~10	2	良好

上塗り塗装用塗料内容及び塗装条件

塗料名称	内容	メーカー	タイプ	焼付け条件	乾燥膜厚
アマラックNo.3	一般塗装用 メラミンアルキッド塗料	関西ペイント	1液形	90℃, 20分	20μm
#1000	シルク印刷用 エポキシ系インク	セイコーアドバンス	2液形	120℃, 20分	10μm

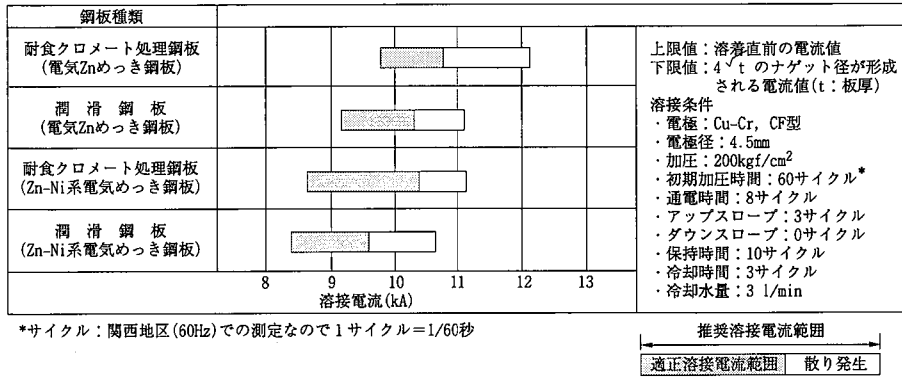


図5 潤滑鋼板の適正溶接電流範囲

4. 結 言

潤滑鋼板はその上層に潤滑性の有機皮膜層を有することから、プレス潤滑油同等以上の優れたプレス成形性を示す。また、連続摺動性、耐食性、上塗り塗装性などの性能も優れていることから、家電、オフィスオートメーション製品を中心に用途分野が広がっている(表5参照)。

潤滑鋼板の適用により、塗油、脱脂工程の省略が可能となり、地球環境問題の緩和にも貢献できるうえに、オイルフリーの作業環境を実現できるなどの多くのメリットが得られる。

参考文献

- 1) 櫻井俊樹：月刊地球環境. 29(7),17(1997)
- 2) 小田切力：洗浄設計. (75),34(1997)
- 3) 奥村泰雄 ほか：トライボロジスト. (36),764(1991)
- 4) 平 武敏：プレス技術. 32(6),40(1994)
- 5) 勝見俊之 ほか：ふえらむ. 34(6),789(1995)
- 6) 金井 洋 ほか：プレス技術. 33(8),34(1995)

表5 潤滑鋼板の用途例

原板のめっき種類	用 途 例
電気亜鉛めっき系	ビデオ・CDのシャーシ・部品
	ファンヒーターカートリッジタンク
	ストーブタンク
	ディスプレイシールド
	エアコンディショナー制御盤
溶融亜鉛めっき系	モータカバー
	冷蔵庫裏板
	電子レンジ外板・裏板
	エアガイド内板
	マグネトロンケース
溶融亜鉛めっき系	石油タンク受け皿
	エアコンディショナー部品
	洗濯機部品