

# 電炉鋼板の事務機への適用性検討

Applicability Evaluation of Electric Furnace Steel Sheets for Office Machine

榎谷 正利\*  
Masatoshi SAKAKITANI

伊藤 健一郎\*\*  
Kenichiro ITO

高橋 俊平\*\*  
Syunpei TAKAHASHI

前田 大樹\*\*  
Taiki MAEDA

広田 弘\*\*  
Hiroshi HIROTA

## 要 旨

当社は、2020年までに2007年度比で25%の新規投入資源量削減を掲げている。このとき事務機の構成の大なる部分は鋼板であることから、市中に流通する鉄スクラップを原料とする100%リサイクル材であり、かつ製造時のCO<sub>2</sub>発生量が最も少ない電炉鋼板に着目し、事務機への適用性を検討した。その結果、事務機用に実用可能な電炉鋼板を材料メーカーと協力して開発することができた。

## ABSTRACT

We have set a target for reducing the amount of resources by 25% from the level of 2007 by the year 2020. Among resources, steel sheets are the main material for office machine. To reduce its usage, we have analyzed and developed new electric furnace steel sheets in cooperation with a material manufacturer. They are made of 100% steel scrap on the market and emit less CO<sub>2</sub> in a manufacturing process.

\* MFP事業本部 3R戦略センター

3R Strategy Center, MFP Business Group

\*\* 生産事業本部 生産技術センター

Production Engineering Center, Production Business Group

## 1. 背景と目的

新興国の経済成長、世界的な人口の増加により資源需要量は増加するが、現在と同じペースで消費を続けると、2050年には現有の資源埋蔵量を超過すると予測されている<sup>1)</sup>。これを鑑み当社は、環境経営の取り組みの一つとして製品製造時の新規投入資源量を、2007年度比で2050年までに87.5%、2020年までに25%削減する目標を設定している。そのため、製品の小型軽量化、製品／部品の再利用や樹脂リサイクルに加え、事務機の材料構成の50-60wt%を占める鉄の新規投入資源を削減する必要があり、鉄スクラップを原料とする電炉鋼板を事務機に適用できるか検討を行った。

## 2. 技術

### 2-1 事務機用高炉鋼板と電炉鋼板の違い

事務機用高炉鋼板は、冷間圧延鋼板<sup>2)</sup>に電気亜鉛めっき処理<sup>3)</sup>した鋼板である。一方、現状の電炉鋼板は溶融亜鉛めっき処理<sup>4)</sup>した鋼板である。後者は、主に建材用として使用されており、めっき・表面被膜は厚い。また、めっき被膜が厚いため導電性に乏しく、放射電磁界への対策が必要な事務機に採用するには適さなかった。加工性に関しても、事務機で使用される薄板が電炉鋼板ではなく、複雑形状を実現する精密加工には適さなかった。

### 2-2 評価方法と評価項目

当社と材料メーカーとで電炉鋼板の共同開発に取り組み、鉄スクラップを100%原料としつつ、母材、めっき処理法、表面被膜を開発・改良して事務機に必要な剛性、耐食性、導電性などの諸特性を満たすことを目指した。

事務機用鋼板に欠かせないクロムフリー被膜は従来の電炉鋼板にはなかったので、薬液から新規に開発し

た。めっき処理は溶融亜鉛めっき処理を用いた。開発当初からめっきの厚さによる不具合が予想され、めっき厚を薄くする方向での検討がなされた。結果としてJIS<sup>4)</sup>下限のZ08よりさらに薄いZ04相当（付着量40g/m<sup>2</sup>相当）の薄目付けを実施している。

Table 1に主要な特性である導電性、耐食性、プレス加工性、スポット溶接性について評価方法、評価項目を記す。

Table 1 Properties of steel sheets for office machine.

特性	評価方法	評価項目
導電性	表面抵抗測定	表面抵抗値
耐食性	塩水噴霧試験	錆発生量
プレス加工性	サンプル型によるプレス加工	出来上がり寸法の回面寸法からのズレ 出来上がり寸法のバラつき
スポット溶接性	連続溶接試験	一定以上の強度のある溶接の連続回数

以下、高炉鋼板に電気亜鉛めっき処理した鋼板を従来材、電炉鋼板に溶融亜鉛めっき処理した鋼板を評価材と記す。

## 3. 結果

### 3-1 導電性

導電性は、表面抵抗値で評価した。初期の評価材では導電性が悪く、クロムフリー被膜を薄くすることで対策とした。しかし薄くすると後述の耐食性に不具合が生じたため、新たな対策が必要となった。そこで被膜薬液の改良とめっき表面にダル仕上げ<sup>2)</sup>を施すことで導電性と耐食性への課題に対応した。ダル仕上げとは鋼板の表面を梨地状の光沢の無い状態に仕上げることである。ダル仕上げ採用以前は、ブライト仕上げ<sup>2)</sup>で鋼板の表面を平滑で光沢のある状態に仕上げていた。

Fig. 1に従来材3種類①②③とブライト仕上げの評価材2種類④⑤（付着量0.43g, 0.49g/m<sup>2</sup>），今回採用したダ

ル仕上げの評価材⑥(付着量 $0.60\text{g}/\text{m}^2$ )の表面抵抗値を示す。

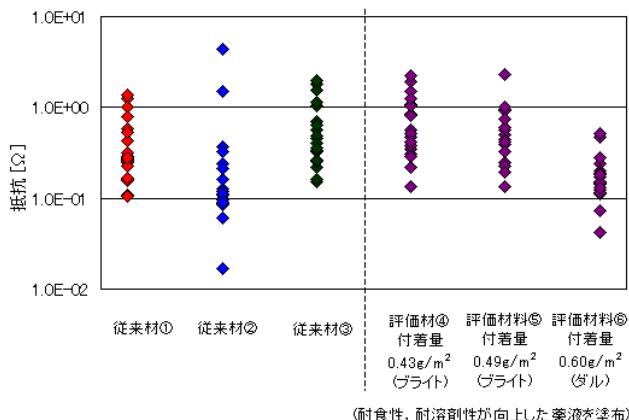


Fig. 1 Surface electrical resistance of some steel sheets.

評価材⑥が評価材④⑤よりクロムフリー薬液付着量が多いにも関わらず表面抵抗値が低く、従来材同等であることがわかる。評価材の表面粗さを表面粗さ・輪郭形状統合測定機を用いて測定した(Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4)。

従来のライト仕上げした評価材④⑤では $\text{Ra}$ 0.15~0.17となっている。ダル仕上げした評価材⑥は $\text{Ra}$ 0.36となっている。ダル仕上げをする事で鋼板表面の算術平均粗さ $\text{Ra}$ が大きくなっている。その結果、導通点が多くなり表面抵抗値が低下したと考えられる。

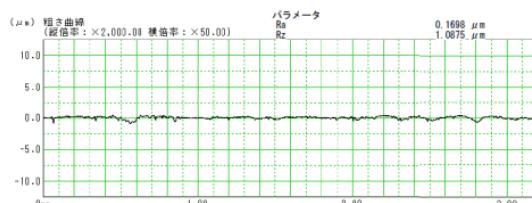


Fig. 2 Surface coarseness of sample steel sheet (④)(Bright finish).

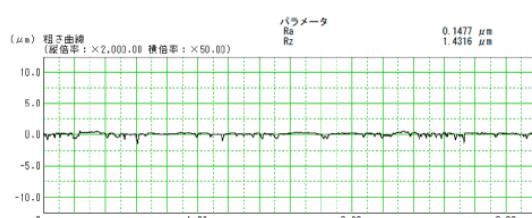


Fig. 3 Surface coarseness of sample steel sheet (⑤)(Bright finish).

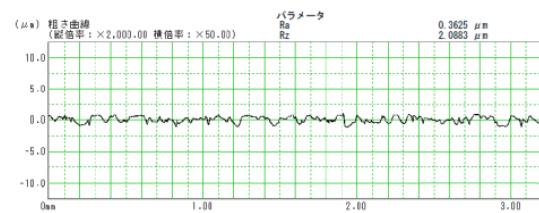


Fig. 4 Surface coarseness of sample steel sheet (⑥)(Dull finish).

### 3-2 耐食性

塩水噴霧試験<sup>5)</sup>で耐食性を評価した。塩水噴霧試験とは、一定の温度( $35^\circ\text{C}$ )に保たれた試験機槽内に試験品を設置し、5%の塩化ナトリウム溶液を均等に噴霧して耐食性を評価する試験方法である。

試験は前述の導電性を確保できた評価材⑥薬液付着量 $0.60\text{g}/\text{m}^2$ ダル仕上げの試験片について実施した。

実験の条件、手順は試験片の大きさ、曲げ加工を除きJIS-Z-2371に準ずる。また、JISとの違いや補足を以下に記す。

JISで規定されている判定方法のレイティングナンバ法、質量法では優劣の判断が行えないので、今回は目視(写真)で判定を行った。

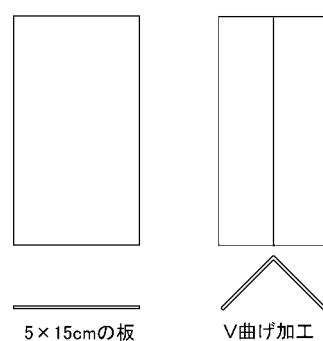


Fig. 5 Flat sample and V-bending sample.

当社の製品で実際に使用される条件を想定して、曲げ加工、アルカリ脱脂した試験片を用いる。曲げ加工の形状はFig. 5に示す。曲げ加工を行う事で表面被膜が伸び

た状態での相対比較ができる。この試験片での優劣を見る事で表面被膜が伸ばされる条件、絞り、L曲げなどの加工後の部品でも耐食性の優劣を判断できると考えている。V曲げ加工はベンディングマシンを使用した。

本実験では、脱脂条件の中で最も過酷な条件を採用した。これは、試験片毎の差を作り、白錆、赤錆の検出差異の判断を容易にすることを目的としている。

実験装置の噴霧採取液の量は各80cm<sup>2</sup>の面積に対して1時間当たり1~2mlとした。設置場所による差があることから、試験片は1条件3個とし、最も白錆、赤錆が発生したもの実験結果として採用した。

各々の条件で120h経過した試験片に対して柾目をつけ、目視で柾目内に錆が発生しているか観察し、白錆が発生した柾を白錆発生柾、赤錆が発生した柾を赤錆発生柾とした。全柾目の数から白錆発生柾、赤錆発生柾の割合を計算し錆び発生面積とした。

板材は5×17=85柾、V曲げ加工したものは4×17=68柾に設定した。

塩水噴霧試験120h後の試験片の写真をFig. 6に示す。このとき試験片に発生した白錆、赤錆の割合をFig. 7に示す。

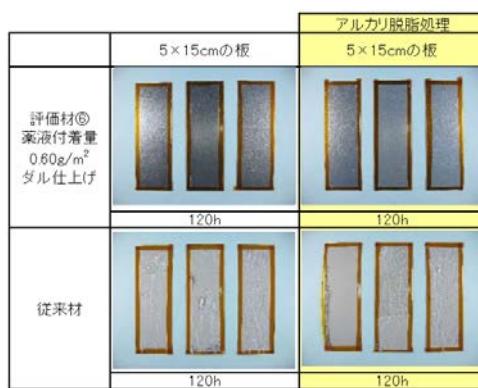


Fig. 6 Results of neutral salt spray test.

材料名	形状	アルカリ脱脂	試験結果		
			白錆の割合	赤錆の割合	錆発生面積 120h試験片 50% 全面
評価材⑥ 薬液付着量 0.60g/m <sup>2</sup> ダル仕上げ	板	無	0	0	
	板	有	0	0	
	V曲げ	無	84	0	
	V曲げ	有	95	0	
従来材	板	無	8	0	
	板	有	5	0	
	V曲げ	無	69	26	
	V曲げ	有	78	14	

材料名	形状	アルカリ脱脂	試験結果			
			48h後	72h後	96h後	120h後
評価材⑥ 薬液付着量 0.60g/m <sup>2</sup> ダル仕上げ	板	無	▲	▲	▲	▲
	板	有	▲	▲	▲	▲
	V曲げ	無	▲	▲	▲	▲
	V曲げ	有	▲	▲	▲	▲
従来材	板	無	▲	▲	▲	▲
	板	有	▲	▲	▲	▲
	V曲げ	無	▲	▲	▲	▲
	V曲げ	有	▲	▲	▲	▲

▲: 腐食なし  
▲: 白錆  
▲: 赤錆

Fig. 7 Results of corrosion ratio of neutral salt spray test.

この試験結果により、評価材⑥薬液付着量0.60g/m<sup>2</sup>の試験片が従来材同等であることが確かめられた(V曲げ時の赤錆については従来材に優る)。

### 3-3 プレス加工性

Fig. 8の部品の金型を用いて評価材と従来材で加工を行い、その出来上がり寸法で評価する。



Fig. 8 Trial sample.

Table 2に示す改良評価材は、前述までの評価材（以下、初期評価材と記す）に対して穴広げ率などに改良が実施されている。

Table 2に材料の物性値を示す。

Table 2 Physical properties of samples.

試料名	板厚 [mm]	YS [MPa]	TS [MPa]	EL [%]	穴広げ 率 [%]	エリクセン 値 [mm]	r値
初期評価 材	1.2	235	363	39.3	80	10.3	1
改良評価 材	1.2	249	370	39.3	129	11.2	1.3
従来材	1.2	-	316	45	-	-	-

プレス加工性試験結果をFig. 9, Fig. 10に示す。

Fig. 9が初期評価材、Fig. 10が改良評価材である。

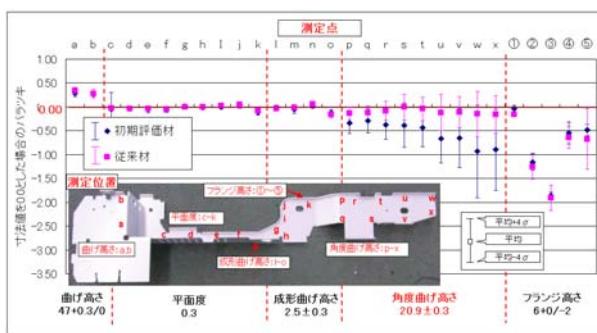


Fig. 9 Variation in a size of error for press processing examination (1st try sample).

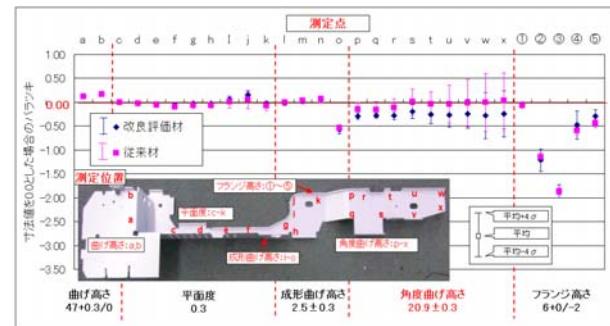


Fig. 10 Variation in a size of error for press processing examination (Improved try sample).

初期評価材と改良評価材の比較では、改良評価材は角度曲げ高さ変化（スプリングバック）のバラツキは小さくなっている。ただし、初期評価材で発生していたクラックが改良評価材でも同様に発生した。

従来材と改良評価材の比較では、角度曲げ高さ測定結果より、改良評価材の方がスプリングバックは大きいが、バラツキは小さくなっている。しかし、曲げフランジ箇所にて改良評価材でもクラックが発生した。(Fig. 11)



Fig. 11 Cracks of improved sample.

本試験結果より、曲げ角度が大きくコーナーRが小さい絞りではクラックが発生する可能性がある。ただし、スプリングバック量はバラツキも小さいため金型で調整できる範囲内であると判断する。

以上より、プレス加工性については、絞りRが小さい部品以外は改良評価材を適用可能と判断する。

さらに、改良評価材は初期評価材に、電炉鋼板製鉄工程上工夫を施して製造している。この効果として、機械的性質、穴広げ率、エリクセン値の改善、及び機

械的性質経時変化の改善、ミクロ組織の細分化に繋がり、その結果、角度曲げ高さのスプリングバックも小さくなり、バラツキも小さくなつたと考えられる。

### 3-4 スポット溶接性

当社の標準溶接条件での連続溶接試験を行つた。この試験は試験片に一定条件でスポット溶接をおこない、その破断トルクの変化で連続溶接性を評価する試験である。試験した結果、改良評価材においても、従来材より劣り、当社の連続スポット溶接回数基準を満たさない。

試験時の電極を観察したところ、評価材は打点数が増えるにつれ電極の接触面積は大きくなり、接触面の形状がいびつとなつていた。

一方、従来材は打点数が増えても破断トルクは安定していた。接触面積は大きくなるが打点数が増えるにつれ中心に空洞部ができていた。

また、評価材の電極に付着している物質の抵抗値( $1.0 \times 10^7 \Omega \sim 1.0 \times 10^{-1} \Omega$ )は従来材の電極に付着している物質の抵抗値( $1.0 \times 10^3 \Omega \sim 1.0 \times 10^{-1} \Omega$ )と比較して高くなっている事がわかつた。この事から電極と、評価材の表面との間の抵抗値が大きくなり溶接に必要な電位差が不足し、その結果破断トルクが低下したと考えられる。

### 3-5 その他の特性

今まで述べた特性以外に動摩擦係数、耐溶剤性、耐指紋性、耐油脂性、テープ粘着性、ねじ締結性等の必要特性がある。これらの特性は当社基準を満たしていることを確認しているが、詳細については割愛する。

## 4.まとめ

### 4-1 電炉鋼板の事務機への適用性検討結果

従来は事務機用途で実用化されていない電炉鋼板を、事務機へ使用可能となる開発を行い、2012年7月発売の

複合機「*magio MP 9002/7502/6002/6002GP*シリーズ」に搭載した。今後発売する当社製品に事務機用電炉鋼板を搭載していく。

### 4-2 今後の展開

電炉鋼板には高炉鋼板に比べてまだ劣る特性がある。今後はこのような課題のある特性を改善する開発を継続し、将来の省資源化へ貢献する。

### 謝辞

本開発を進めるにあたり、東京製鐵株式会社様をはじめとして、多くの方にご協力をいただきました。ここに、深く感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) リコーグループ環境経営報告書, p.17 (2011).
- 2) JIS G 3141:2009 冷間圧延鋼板及び鋼帶, 日本規格協会(2009).
- 3) JIS G 3313:2010 電気亜鉛めっき鋼板及び鋼帶, 日本規格協会(2010).
- 4) JIS G 3302:2010 溶融亜鉛めっき鋼板及び鋼帶, 日本規格協会(2010).
- 5) JIS Z 2371:2000 塩水噴霧試験方法, 日本規格協会(2000).