

無方向性電磁鋼板「スミロックス®」

Non-Oriented Electrical Steel Sheets "SUMILOX®"

中山大成/Taisei Nakayama・和歌山製鉄所 薄板技術管理部 薄板商品開発室 担当副長 工博

本庄法之/Noriyuki Honjou・和歌山製鉄所 薄板技術管理部 薄板商品開発室

永井秋男/Akio Nagai・和歌山製鉄所 薄板技術管理部 薄板商品開発室 担当副長

屋鋪裕義/Hiroyoshi Yashiki・総合技術研究所 薄板研究部 主席研究員 工博

要 約

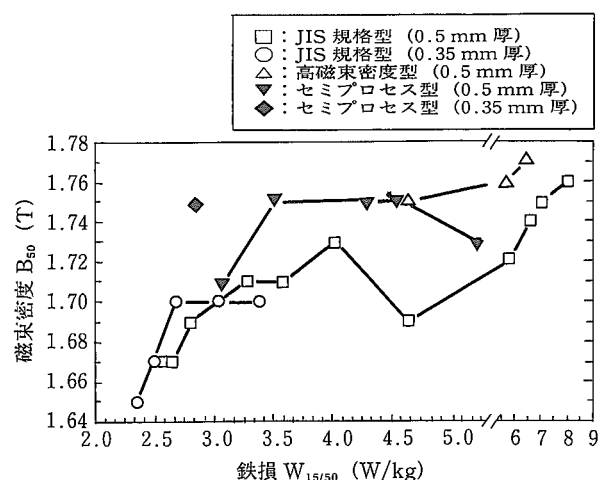
「スミロックス」は、JIS C 2552(1986)に定められた規格品から近年の電気工業分野の進歩に伴った様々な要求に応えられる高機能品まで揃った無方向性電磁鋼板の総称である。本報では高機能品のうち、トランス、安定器等の小型化に寄与する高磁束密度タイプ(Hシリーズ)、高速連続打抜性に優れ、モーターのティース部など複雑な打抜加工でも打抜き歪による磁気特性の劣化が少ない高加工性タイプ(Kシリーズ)、打抜加工後の磁性焼鈍を前提にしたセミプロセスタイプについてそれぞれの特徴を紹介する。また、表面コーティングについて、厚みのコントロールにより使用用途にあった加工性を実現することについて紹介する。利用技術の一例として材料と金型内自動結束性についても紹介する。

Synopsis

Sumitomo's "SUMILOX" non-oriented electrical steel sheets are developed in accordance with the desire of the electrical appliance industry to realize high performance of motors and ballasts. In this report, we introduce various "SUMILOX" sheets, not only regular JIS-grade fully-processed type sheets, but also special grade sheets such as semi-processed type, improved induction type (H-series) and improved punchability type (K-series) sheets with high performance insulation coating. Moreover, we introduce a model with automatic clamping system to help customers design motors.

1. 無方向性電磁鋼板 「スミロックス」の特徴¹⁾

「スミロックス」は電気工業分野の急速な進歩と共に発展を続け、JIS C 2552(1986)に規定された規格品のみならず、設計磁束密度の高い小形トランスや蛍光灯安定器用途に開発した高磁束密度型(Hシリーズ)、複雑な形状をしたモーターコア、特にステーターティース部での打抜き歪による磁気特性劣化が少ない高加工性型(Kシリーズ)、打抜加工後の磁性焼鈍(通常 750℃、2時間、窒素ガス中)での磁気特性改善に優れたセミプロセス型がある。これら特殊材はそれぞれの特徴を生かしモーター、トランスの性能改善に大きく貢献している。第1表、第1図に各グレードの鉄損、磁束密度の代表値を示した。JIS規格グレードおよび高磁束密度型はフルプロセスとしての特性値、セミプロセス型は750℃、窒素ガス中で2時間の磁性焼鈍を行ったのちの特性値である。



第1図 各グレードの鉄損と磁束密度の関係 (カタログ代表値)
JIS規格型、高磁束密度型は切断のまま、セミプロセス型は750℃窒素中で2時間の磁性焼鈍後の特性。

製品紹介

第1表 スミロックスの各グレード名称と代表特性値

	JIS 呼称	グレード名称	板厚 (mm)	比重 (g/cm ³)	鉄損 W _{15/50} (W/kg)	磁束密度 B ₅₀ (T)
JIS 規格型	35 A 250	SX 9	0.35	7.60	2.35	1.65
	35 A 270	SX 10	0.35	7.65	2.49	1.67
	35 A 300	SX 12	0.35	7.65	2.68	1.69
	35 A 360	SX 14	0.35	7.65	3.04	1.70
	35 A 440	SX 18	0.35	7.70	3.38	1.70
	50 A 270	SX 8	0.50	7.60	2.55	1.67
	50 A 290	SX 9	0.50	7.60	2.65	1.67
	50 A 310	SX 10	0.50	7.65	2.81	1.69
	50 A 350	SX 12	0.50	7.65	3.02	1.70
	50 A 400	SX 14	0.50	7.65	3.28	1.71
	50 A 470	SX 18	0.50	7.70	3.59	1.71
	50 A 600	SX 23	0.50	7.75	4.64	1.69
	50 A 700	SX 30	0.50	7.80	5.82	1.72
	50 A 800	SX 40	0.50	7.80	6.65	1.74
	50 A 1000	SX 50	0.50	7.85	7.12	1.75
	50 A 1300	SX 60	0.50	7.85	8.06	1.76
高磁束密度型		SX 23 H	0.50	7.75	4.65	1.75
		SX 30 H	0.50	7.80	5.73	1.76
		SX 40 H	0.50	7.80	6.85	1.77
高加工性型		SX 40 K	0.50	7.80	6.68	1.74
		SX 50 K	0.50	7.85	7.32	1.75
		SX 60 K	0.50	7.85	8.13	1.76
セミプロセス型		SXA	0.35	7.80	2.81	1.75
		SXAT	0.50	7.80	3.01	1.72
		SXA	0.50	7.80	3.51	1.75
		SXB	0.50	7.80	4.31	1.75
		SXC	0.50	7.85	4.58	1.75
		SXD	0.50	7.85	5.12	1.72

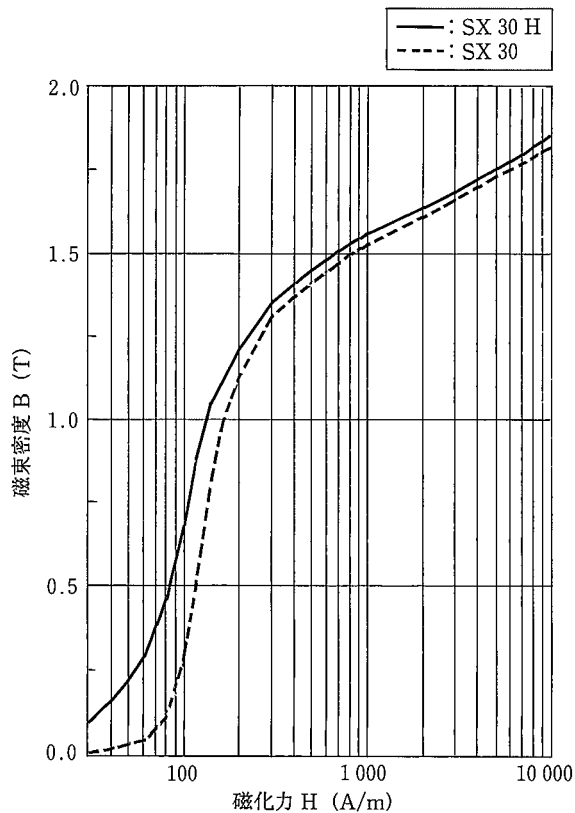
JIS 規格型、高磁束密度型は切断のまま、セミプロセス型は 750℃ 窒素中 2 時間の磁性焼鈍後、25 cm エプスタイン枠にて圧延方向と平行、圧延方向と直角のサンプルを半々に併せて測定した値。

2. 高磁束密度型(H シリーズ)²⁾

一般に無方向性電磁鋼板はグレードが高くなるにつれ、Si が増加しそれとともに固有抵抗も増加し鉄損は低減するが磁束密度も低下する。

一方、高磁束密度型は同じ鉄損レベルの JIS 規格品に比べ、いずれの磁化力においても高い磁束密度が得られる。

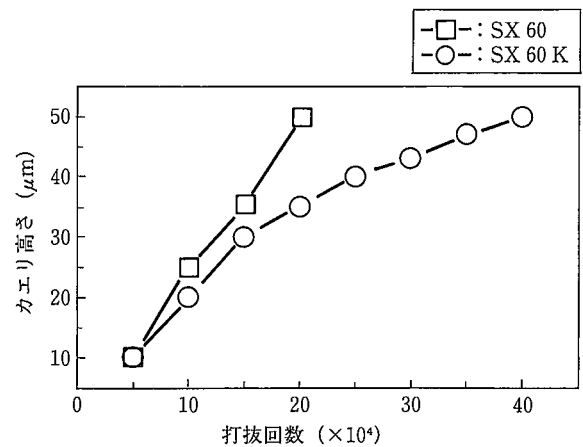
第 2 図に一例として SX 30 と SX 30 H (H シリーズ) を比較した。設計磁束密度の高い蛍光灯安定器、小形 E I トランスなどの小型軽量化に威力を発揮する材料である。



第2図 高磁束密度型の磁化曲線

3. 高加工性型(K シリーズ)³⁾⁴⁾

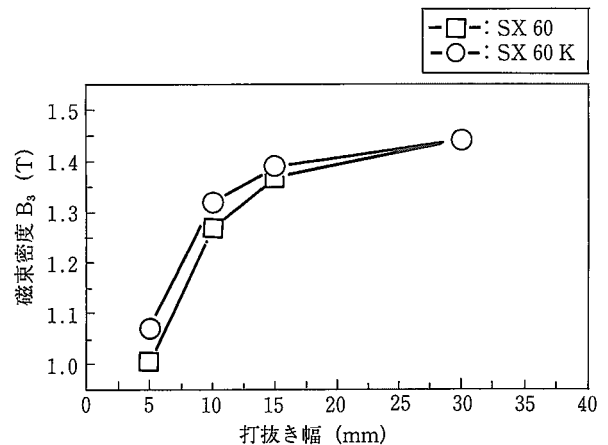
一般に精密な打抜加工が行われるモーターのステーターティース部では打抜歪による磁気特性劣化が著しい。本高加工性(K シリーズ)材は JIS 規格材より優れた打抜性(第3図)と打抜歪に起因する磁気特性劣化が小さい(第4図)という特徴をもつ。すなわち、高打抜性による金型研磨コストの削減、金型寿命の延長のみならず、磁気特性劣化が少ないことによるモーターの無負荷損低減、効率アップ等の性能向上が期待できる。



〈打抜試験条件〉

打抜寸法 : 17 mm×17 mm
 ダイス材質 : SKD 11
 ストローク数 : 350 回/分
 打抜油 : 出光ニューパンチ
 クリアランス : 5 %
 表面コーティング : なし
 板厚 : 0.5 mm

第3図 高加工性型(SX 60 K)とJIS 規格材(SX 60)の打抜性比較



〈試験条件〉

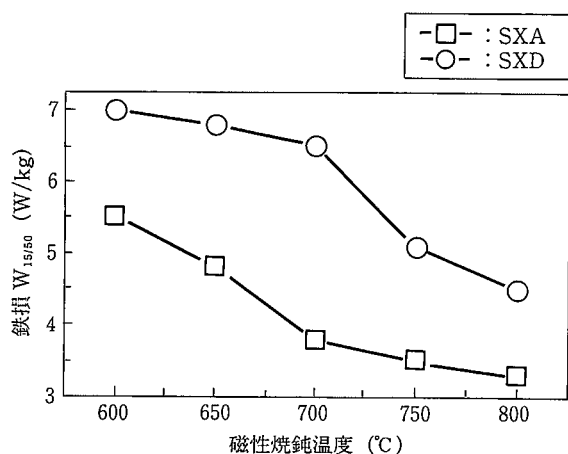
単板磁気測定にて実施。
 30 mm 幅×280 mm 長の試片を幅方向に2等分(15 mm 幅), 3等分(10 mm 幅), 6等分(5 mm 幅)に分割しそれぞれ磁気測定。
 歪の影響の顕著な磁化力 300 A/m(B_3)で評価。

第4図 高加工性型(SX 60 K)とJIS 規格材(SX 60)の磁気特性に及ぼす打抜き歪の影響

製品紹介

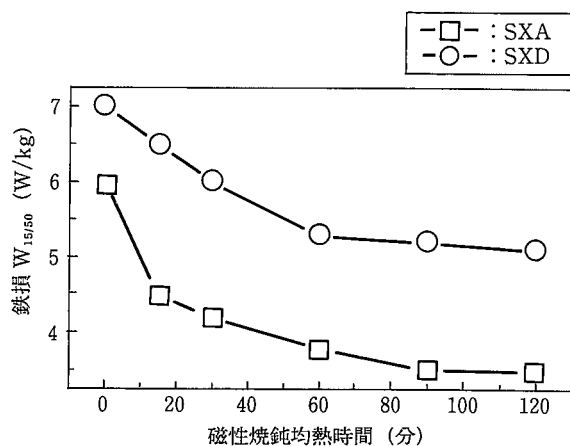
4. セミプロセス型⁵⁾

一般に無方向性セミプロセス材は750℃、均熱2時間、無酸化雰囲気での磁性焼鈍(歪取焼鈍)後に、所望の磁気特性が得られるように材料設計がなされている。一方、近年省エネルギーや生産性向上の観点より、この磁性焼鈍を低温あるいは短時間で行う方法が採り入れられ始めた。従来のポット型焼鈍炉からコンベア型の連続焼鈍炉が主流になり、従来より低温、短時間均熱で所望の鉄損が得られることが重要になっている。低温短時間で回復しやすいセミプロセス材SXAと一般セミプロセス材SXDの磁性焼鈍温度と鉄損の関係を第5図に、均熱時間と鉄損の関係を第6図に示した。



〈試験条件〉
磁性焼鈍：各温度均熱2時間、窒素ガス中
磁気測定：25 cm エプスタイン試験
サンプル：圧延方向に平行と直角に半々
板厚：0.5 mm

第5図 磁性焼鈍温度と鉄損の関係 (SXA、SXD)



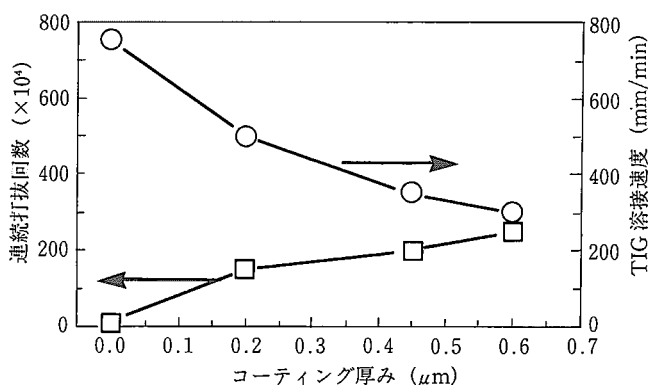
〈試験条件〉
磁性焼鈍：750℃、窒素ガス中
磁気測定：25 cm エプスタイン試験
サンプル：圧延方向に平行と直角に半々
板厚：0.5 mm

第6図 磁性焼鈍均熱時間と鉄損の関係 (SXA、SXD)

5. 表面絶縁コーティングと加工性⁶⁾

表面絶縁コーティングは積層時の層間絶縁性のみならず、材料の加工性に大きく寄与する。第7図に打抜性と溶接性に及ぼすコーティング厚みの影響を示した。

また、絶縁コーティングは防錆性に優れ、ハーメチックモーター用途に要求される耐油性、耐フロン性にも優れた性能を発揮する。



〈打抜試験条件〉

打抜速度：350 回/分
打抜形状：17 mm×17 mm
打抜油：出光ニューパンチ
金型：SKD 11
クリアランス：5 %
板厚：0.5 mm

上記条件にて打抜かえり高さが50 μmに達した回数

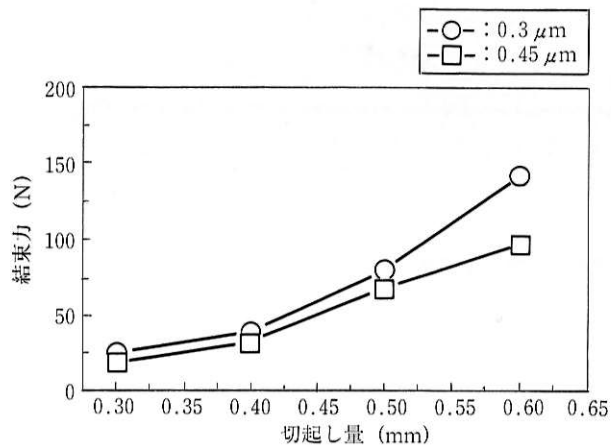
〈TIG溶接試験条件〉

電極：Th-W 2.4 mm 径
電流：100 A
Ar 流量：6 ℓ/分
アーク長：1.5 mm
締付圧：50 kg/cm²

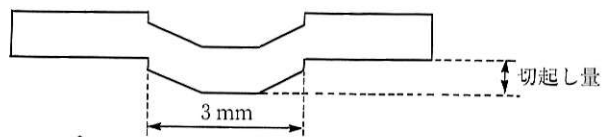
上記条件にて開先・突起のない積層断面を溶接し気泡の生じない最高速度。

第7図 表面絶縁コーティング厚みと加工性
(SX 60：表面ブライト仕上げ)6. 金型内自動結束性⁷⁾

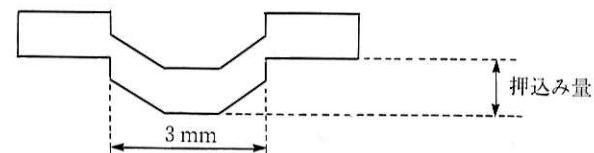
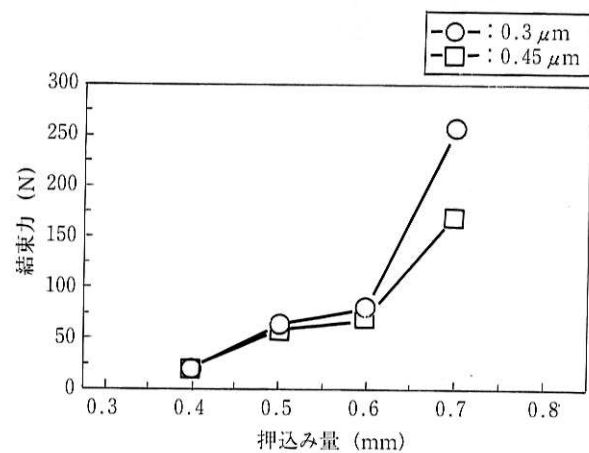
近年、小形積層コアの結束は従来の溶接やボルト締めから、打抜金型のなかでかしめて積層する自動結束(自動かしめ)方式が主流となった。金型内自動結束ではかしめ部形状ばかりでなく、鋼板の成分や硬さとコーティングの厚みが相乗して影響を及ぼす。かしめ部(ダボ)の調整によりかしめ結束力が変わることが知られているが材料、コーティングの厚みによっても結束力が変わる。第8図に切起し量と結束力、第9図に押込み量と結束力について、コーティング厚みに及ぼす影響を示した。切起し量、押込み量ともコーティング厚みによって結束力に差があり、コーティング厚みが薄いほうが結束力が高い。同様に材料の成分についても影響することがわかっており、自動かしめの材料選定にあたっては十分な検討が必要となる。



自動かしめ金型：黒田精工(株)製ファステックシステムテスト金型
 かしめコア形状：内径 33 mm 外径 45 mm のリング
 かしめ部形状：丸 V 型
 かしめ部個数：4ヶ所
 積層枚数：60 枚/コア
 打抜速度：350 回/分
 上記に条件でコアを引張試験機により結束力測定。



第8図 コーティング厚みとかしめ部切起し量、結束力の関係 (SX 60)



第9図 コーティング厚みとかしめ部押込み量、結束力の関係 (SX 60)

自動かしめ方式になると今まで以上に板厚精度が重要となる。スミロックスはこれら厳しい要求に答えるために高性能圧延機により優れた板厚精度を実現している。第10図に一例として母コイルの長手方向板厚変動を示した。

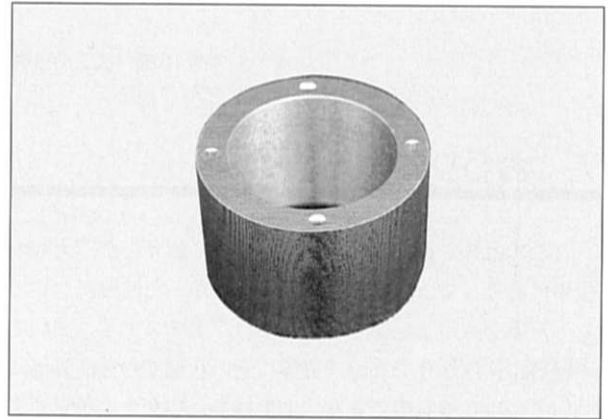


写真1 かしめコアモデル

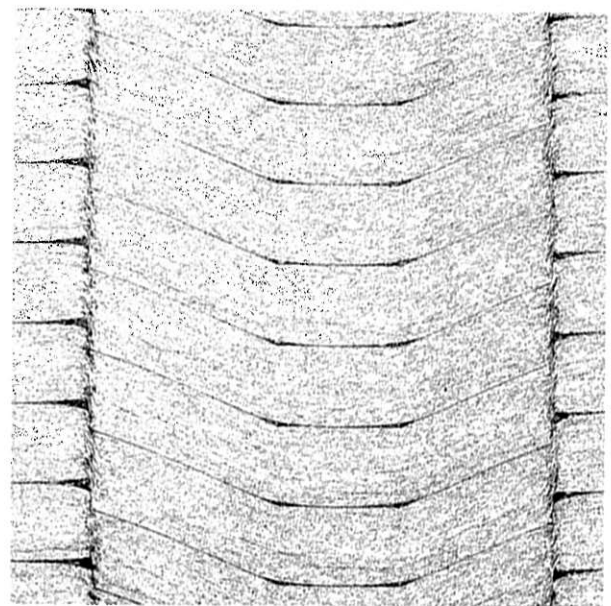
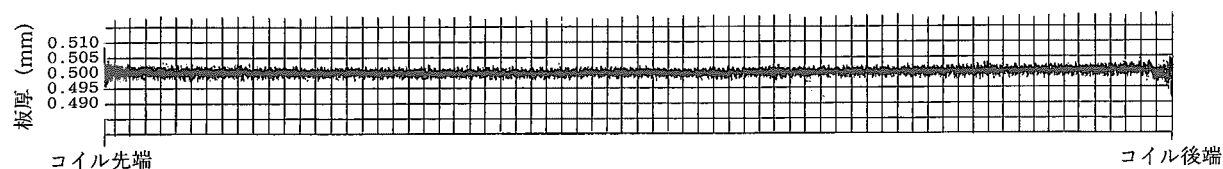


写真2 かしめ部断面

製品紹介



第10図 スミロックスの板厚変動の一例 (SX 60)

7. おわりに

ここではスミロックスの一例について紹介した。実際の使用にあたってはここには紹介できなかった性質についても、重要な点がまだまだある。また、エプスタイン試験での材料特性ばかりでなく、実体に近い状態での性能評価についても現在検討中であり、別の機会に紹介する予定である。

問合せ先
和歌山製鉄所
薄板技術管理部
薄板商品開発室 担当副長
☎ 0734(51)2509 中山

参考文献

- 1) 無方向性電磁鋼板スミロックス, 住友金属工業㈱製品カタログ No.42515(1990)
- 2) 中山, 和智, 石川, 日野 特開昭 63-186823
- 3) 屋鋪, 金子: 特公平 5-82454
- 4) H. Yashiki and T. Kaneko, *J. Materials Eng. Perfor-*

mance, 1(1992)29.

- 5) 屋鋪, 金子 特公平 7-88530; 屋鋪, 岡本 特公平 6-43614
- 6) 中山, 永井, 済木 特公平 6-104905; 永井, 保母, 和智 特公平 3-37722
- 7) 中山 特開平 1-315104