

# 大型回転機に適した低鉄損無方向性電磁鋼板 「50RM230」, 「35RM210」<sup>\*1</sup>

河野 正樹<sup>\*2</sup> 岡村 進<sup>\*3</sup> 寺嶋 正<sup>\*4</sup>

## Low Iron Loss Non-Oriented Electrical Steel Applicable to Large Motors and Generators, “50RM230” and “35RM210”

Masaki Kawano Susumu Okamura Tadashi Terashima

### 1 はじめに

近年、省エネルギーの観点からタービン発電機 (Photo 1) や水車発電機などに代表される大型回転機器のエネルギー効率向上の要求が増しつつある。これら機器の鉄心材料である電磁鋼板に対しても従来以上の低鉄損材料が希求されている。

上記の要求に応じて、川崎製鉄では発電機・大型モータなどの大型回転機器に適した、より優れた低鉄損を有する最高規格の無方向性電磁鋼板「50RM230」および「35RM210」を開発した。その特徴および特性について紹介する。

### 2 開発の要点

大型回転機器の鉄心材料としては極限までの低鉄損化が要求される。一般に鉄損を支配する金属組織因子は、介在物、結晶粒径、集合組織であることが知られており、本製品は、これら因子の定量的検討に基づいた高精度の冶金プロセス制御技術を適用することにより、従来材を超える低鉄損化を達成している。ポイントとなる開発主要技術は以下のとおりである。

- (1) 磁壁移動の障害である介在物の低減と形態制御技術
- (2) 製品の結晶粒径と成分の最適化技術

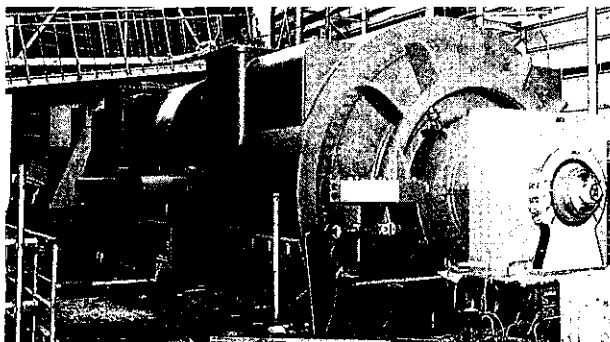


Photo 1 Appearance of turbine generator

- (3) 冷間圧延前結晶粒径制御による集合組織最適化技術

### 3 50RM230, 35RM210の特性

- (1) 磁気的特性と機械的特性

50RM230 および 35RM210 の代表的な磁気特性と機械的特性を、従来の低鉄損無方向性電磁鋼板の最高規格である 50RM250 と比較して Table 1 および 2 に示す。50RM230 は板厚 0.5 mm で鉄損  $W_{15/50}$  が 2.3 W/kg 以下、35RM210 は板厚 0.35 mm で 2.1 W/kg 以下を保証するもので、板厚 0.5 mm において従来材より 0.10 W/kg 以上の鉄損向上が見込める。機械的特性は従来材に比べ大きな変化はない。

50RM230 の磁束密度と鉄損の関係と、 $B-H$  および  $\mu-H$  曲線を従来材 (50RM250) と比較して Fig. 1 および 2 に示す。当開発製品は、低磁束密度域から高磁束密度域にかけて低鉄損を維持し、低磁場での高透磁率を有するものである。

- (2) 磁気異方性

圧延方向からの角度別磁気特性変化を、50RM230 と従来より大型タービン発電機などに適用されている方向性電磁鋼板 (35RG155) とを比較して Fig. 3 に示す。無方向性電磁鋼板 50RM230 は、圧延方向の磁気特性では方向性電磁鋼板に比べて劣るものの、圧延方向からのずれ角度が 20°~30° 以上では鉄損 (W) および磁束密度 (B) とともに優れており、全方向にわたって均一かつ優れた磁気特性を有している。

- (3) 寸法形状・コーティング

鋼板は形状制御システムを備えた最新ミルにより圧延され、優れた板厚精度を持ち、最大幅 1200 mm までの鋼板を提供できる。広幅化は発電機の扇形セグメントサイズを広くとれセグメント積層数の減少に寄与できるものと考えられる。

表面は絶縁性、打ち抜き性に優れた半有機系の A1 コートで仕上げられており、打抜き金型の長寿命化が期待できる。

<sup>\*1</sup> 平成9年8月14日原稿受付

<sup>\*2</sup> 技術研究所 電磁鋼板研究部門 主任研究員(課長補)

<sup>\*3</sup> 水島製鉄所 管理部電磁鋼板管理室 主任(課長)

<sup>\*4</sup> 水島製鉄所 管理部技術サービス 主任(課長)

Table 1 Comparison of typical magnetic properties between new materials and conventional one

Grade	Thickness (mm)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Resistivity (μΩ-cm)	Iron loss (W/kg)				Flux density (T)			
				W <sub>10/50</sub>	W <sub>15/50</sub>	W <sub>10/60</sub>	W <sub>15/60</sub>	B <sub>10</sub>	B <sub>25</sub>	B <sub>50</sub>	B <sub>100</sub>
35RM210	0.35	7.60	58	0.84	2.03	1.08	2.52	1.48	1.57	1.66	1.78
50RM230	0.50	7.60	58	0.99	2.25	1.25	2.80	1.48	1.57	1.66	1.78
Conventional (50RM250)	0.50	7.60	57	1.02	2.40	1.32	3.04	1.50	1.59	1.67	1.79

Table 2 Comparison of typical mechanical properties between new materials and conventional one

Grade	Thickness (mm)	Yield point (N/mm <sup>2</sup> )		Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )		Elongation (%)		Hardness Hv (1)	Space factor (%)
		L	C	L	C	L	C		
35RM210	0.35	448	465	539	568	18	19	234	97.5
50RM230	0.50	448	465	574	594	18	20	234	98.0
Conventional (50RM250)	0.50	431	441	539	549	19	20	220	98.0

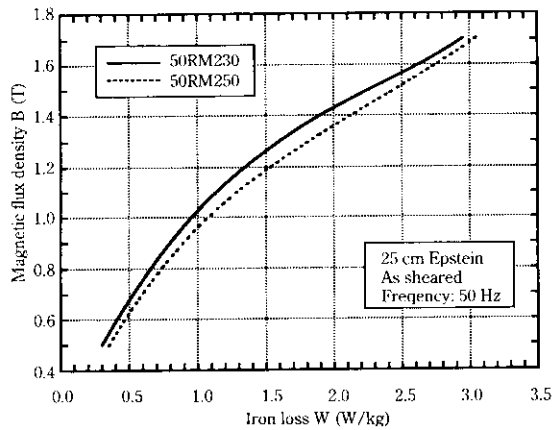


Fig. 1 Iron loss curves of 50RM230 and 50RM at 50Hz

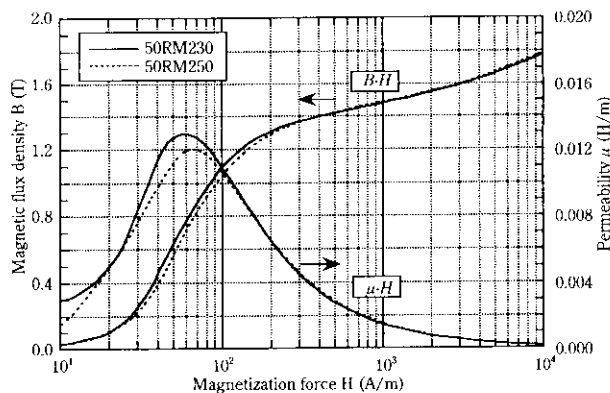


Fig. 2 DC magnetization and permeability curves of 50RM230 and 50RM250

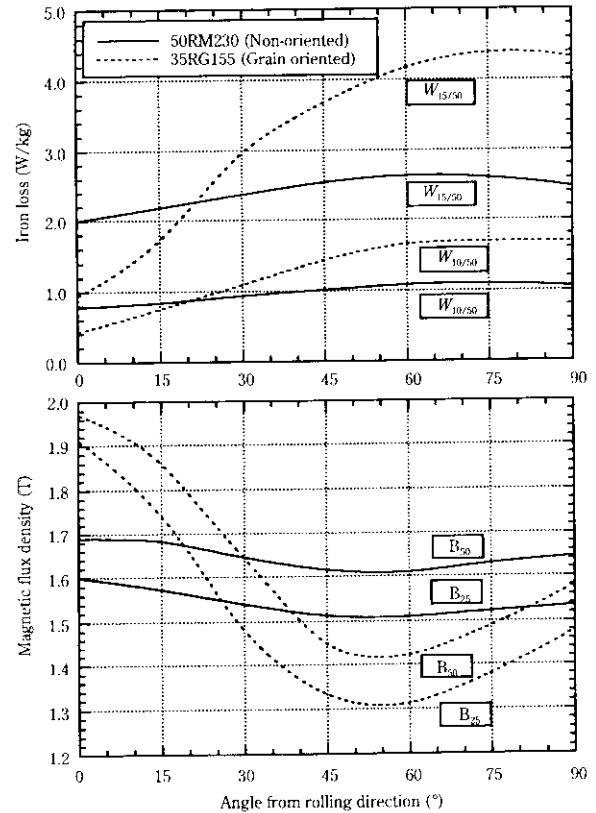


Fig. 3 Dependence of rotation angle from rolling direction on magnetic properties of 50RM230 and 35RG155

#### 4 大型回転機への適用

当開発品の適用対象の一つであるタービン発電機などでは、圧延方向の磁気特性を利用した例が多い。例えば、鋼板を Fig. 4 に示すような扇形のセグメントに打ち抜き、これを円形に並べて鉄心を

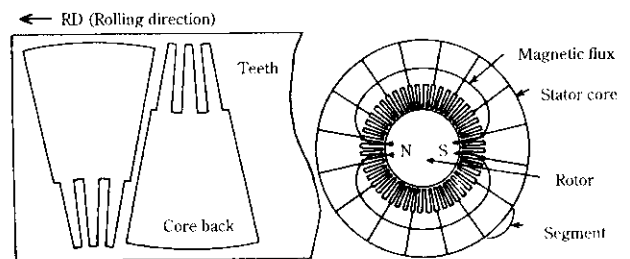


Fig. 4 Punching configuration of stator segment and magnetic flux flow in a two-pole turbo-generator

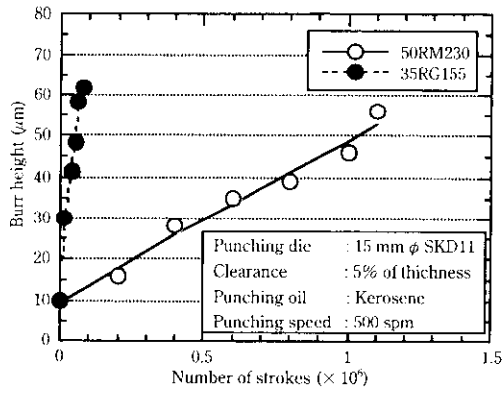


Fig. 5 Dependence of burr height on number of strokes

構成する。したがって、鉄心のコアバック部分は磁束の流れが鋼板の圧延方向になるため通常圧延方向に優れた特性を有する方向性電磁鋼板が多用されている。しかしながら、ティース部分は磁束の流れが鋼板の圧延直角方向からなり、それが全鉄損に大きく影響する。また、回転数の小さい水車発電機では極数を多くするため、さらに

圧延直角方向の鉄損割合が大きくなる。したがって、必ずしも従来の圧延方向特性に優れた方向性電磁鋼板が磁気特性上有利とは言えない。今回開発した全方向にわたって均一かつ優れた磁気特性を有する 50RM230 が有利に使用し得ると考えられる。

さらに、方向性電磁鋼板の代替として適用した場合、フォーステライト被膜がないため格段の打抜性が確保できる。一例として 50RM230 と方向性電磁鋼板 35RG155 の打抜試験結果を Fig. 5 に示す。打抜後の製品バリ高さが  $50\mu\text{m}$  に到達するまでの打抜回数は、35RG155 の 4000 回に対し 50RM230 の 100 万回と、当開発材が格段に打抜特性に優れている。前述した鋼板の広幅化によるセグメント積層数の減少や上述の打ち抜き性向上により、製造工程での低コスト化にも当開発材は大きく寄与するものと考えられる。

## 5 まとめ

最高規格である低鉄損無方向性電磁鋼板「50RMA230」 「35RM210」の適用により、大型回転機器の省エネルギー化と製造工程のコスト低減に大きく寄与できるものと考えられる。