

変圧器鉄心の損失特性に優れた方向性電磁鋼板 「23RGH090N, 23RGHPD085N, 27RGHPD090N」*1

小松原 道郎*2 日名 英司*3 中野 恒*4

New Grain Oriented Electrical Steels Having Extremely Low Losses for Transformer Cores

Michiro Komatsubara Eiji Hina Koh Narano

1 はじめに

電力の供給システムの重要な要素である変圧器の鉄心材料として使用される方向性電磁鋼板の生産量は、電力需要の増加に伴って増加しているが、特に電力輸送における省エネルギー化の観点から近年鉄心材料の低鉄損化の要請が強い。

これに対し、川崎製鉄では、(1) 新成分系とそれに適した製造プロセスの開発 (NewRGH 製造プロセス)¹⁻³⁾、(2) 巻鉄心、積鉄心両用に使用可能な新磁区細分化プロセスの開発⁴⁻⁶⁾、(3) これらを実施するための最適工業設備の開発により、従来に比較し格段に優れた変圧器用低鉄損材料を開発した。

ここでは、最近開発した低鉄損方向性電磁鋼板について、製品の特徴と変圧器への適用例について述べる。

2 開発のポイント

電磁鋼板の鉄損は履歴損と渦電流損からなり、これらを独立に低減することが必要である。本製品は下記の2点を開発のポイントとして低鉄損化を達成したものである。

- (1) 結晶方位高集積化技術の薄厚材への適用による履歴損の低減
- (2) 薄厚材への耐熱型磁区細分化技術適用による渦電流損の低減

3 新製品の特徴

- (1) 23RGH090N
結晶方位の高集積化技術を薄厚材に適用して開発した製品で

あり、高磁束密度、低鉄損が特徴である。積鉄心、巻鉄心のいずれにも使用でき、特に高磁場で優れた特性を示す。また、磁歪特性にも優れており、特に低鉄損と低騒音の要求の厳しい変圧器用の材料として適する。

- (2) 23RGHPD085N, 27RGHPD090N

NewRGHに一段の低鉄損化技術として開発した耐熱型磁区細分化処理⁴⁻⁶⁾を施した製品である。最終冷間圧延後、鋼板表面に電解エッチングの技術で一定間隔の溝を設け、これによる磁区細分化効果により渦電流損を大幅に低減した。本製品は巻鉄心変圧器、積鉄心変圧器の区別なく使用でき、従来のプラズマ炎照射法^{7,8)}に比較し磁歪高調波成分が少なく、低鉄損・低騒音変圧器用材料として適している。特に27RGHPD090Nは、この板厚としては極めて鉄損値が低く積工数削減の観点からも有利となる製品である。

4 製品特性

Table 1 に新製品の各低鉄損材料の代表的磁気特性を、Fig. 1 に新製品の鉄損曲線を、川崎製鉄のこれまでの代表的な低鉄損製品(従来品: 30RGH)と比較して示す。

本製品の鉄損はいずれも従来品と比較して著しく低く、特に23RGHPD085NのW17/50の鉄損は約25%低減している。

Fig. 2 に、新製品の磁歪特性を従来製品と比較して示すが、磁歪は励磁特性および圧縮特性ともに大きく改善しており変圧器の低騒音化に有効であると考えられる。

Table 1 Typical magnetic properties of new materials and conventional one

Material	Grade	Iron loss (W/kg)						Induction B_8 (T)
		$W_{12/50}$	$W_{15/50}$	$W_{17/50}$	$W_{12/60}$	$W_{15/60}$	$W_{17/60}$	
New RGH	23RGH090N	0.43	0.63	0.86	0.62	0.82	1.13	1.93
	23RGHPD085N	0.42	0.57	0.77	0.56	0.75	1.00	1.89
	27RGHPD090N	0.45	0.61	0.84	0.60	0.81	1.11	1.89
RGH ⁹⁾	30RGH105	0.56	0.75	1.03	0.85	0.99	1.37	1.89

⁹⁾Conventional material with high permeability

*1 平成9年7月31日原稿受付

*2 技術研究所 電磁鋼板研究部門長・工博

*3 水島製鉄所 電磁鋼板部電磁鋼板技術室 主任(部長補)

*4 水島製鉄所 管理部電磁鋼板管理室 主任(掛長)

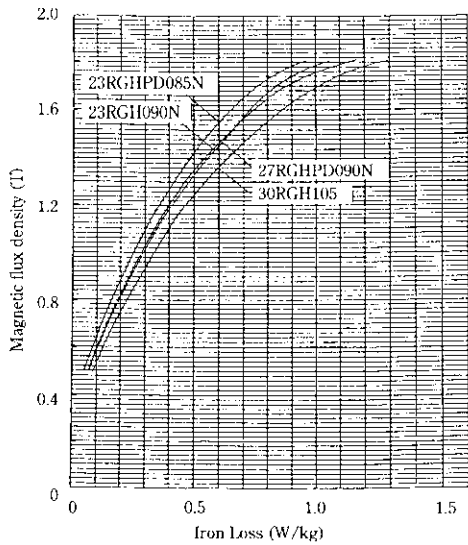


Fig. 1 Iron loss curves of new materials comparing with conventional one, measured at 50 Hz

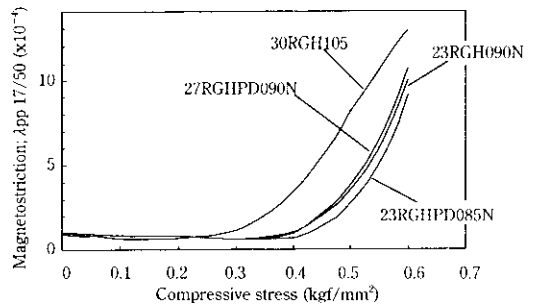
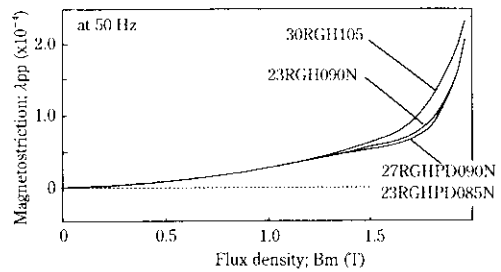


Fig. 2 Magnetostriction curves of new materials comparing with conventional one, measured at 50 Hz

5 変圧器への適用例

本製品を積鉄心および巻鉄心に適用した例を以下に示す。

Fig. 3 の鉄心構造を有するステップラップ型積鉄心をモデル積鉄心変圧器として用い、本製品を評価した。この結果を Table 2 に示

す。また、容量 20 kVA のステップラップ型の巻鉄心変圧器を製作し本製品を評価した。この結果を Table 3 に示す。従来品と本製品の変圧器の鉄損差を Fig. 4 に示すが、積鉄心、巻鉄心ともに本製品を用いた変圧器の鉄損は従来品に比べ 15~25% 程度低減されて

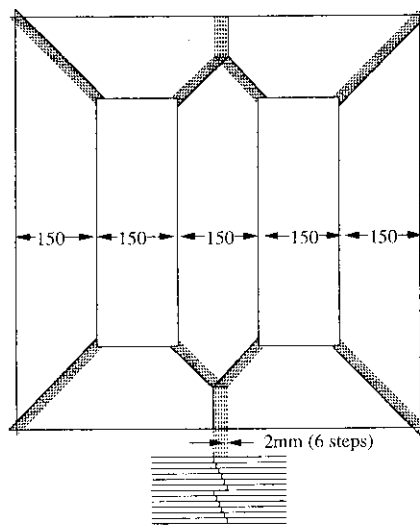


Fig. 3 The configuration of a 3-phase stacked-core model transformer

Joint geometry	Step lap
Lap width	2 mm × 5
Number of sheets /Unit lap	2
Sheet thickness,	0.23 mm × 144
Number of stacked sheets	0.27 mm × 120
Core weight	0.30 mm × 108
	ca. 100 kg

Table 2 Magnetic properties of stacked-core model transformers

Material	Grade	Magnetic properties of materials		Magnetic properties of model transformer cores			
		B_m (T)	$W_{17/50}$ (W/kg)	$W_{17/50}$ (W/kg)	$I_{017/50}$ (A)	Noise _{17/50} (dB)	BF ²⁾
New RGH	23RGH090N	1.93	0.86	1.01	0.74	52	1.17
	23RGHPD085N	1.89	0.77	0.90	0.75	52	1.17
	27RGHPD090N	1.89	0.84	0.99	0.85	53	1.18
RGH ¹⁾	30RGH105N	1.89	1.03	1.21	0.85	56	1.17

¹⁾Conventional material with high permeability

²⁾BF: Iron loss of transformer core/Iron loss of material

Table 3 Magnetic properties of wound-core model transformers

Material	Grade	Magnetic properties of materials		Magnetic properties of model transformer cores	
		B_8 (T)	$W_{17/50}$ (W/kg)	$W_{17/50}$ (W/kg)	BF ²⁾
New RGH	23RGH090N	1.93	0.86	0.87	1.01
	23RGHPD085N	1.89	0.77	0.78	1.01
	27RGHPD090N	1.89	0.84	0.85	1.01
RGH ¹⁾	30RGH105	1.89	1.03	1.04	1.01

¹⁾Conventional material with high permeability²⁾BF: Iron loss of transformer core/Iron loss of material

Table 4 Magnetic properties of 3 phase-3 limb stacked-core transformers (step lap, V notch, designed flux density: 1.78 T)

Material	Grade	Magnetic properties of materials		Magnetic properties of transformers (no load, at 50 Hz)			
		B_8 (T)	$W_{17/50}$ (W/kg)	Excitation (%)	Loss (kW)	I_0 (%)	Noise (dB)
New RGH	27RGHPD090N	1.90	0.86	90	42.8	0.05	61
				100	58.9	0.12	72
				110	95.9	0.78	—
RGH ¹⁾	27RGH100	1.90	0.97	90	47.5	0.06	64
				100	70.3	0.14	74
				110	107.4	0.89	—

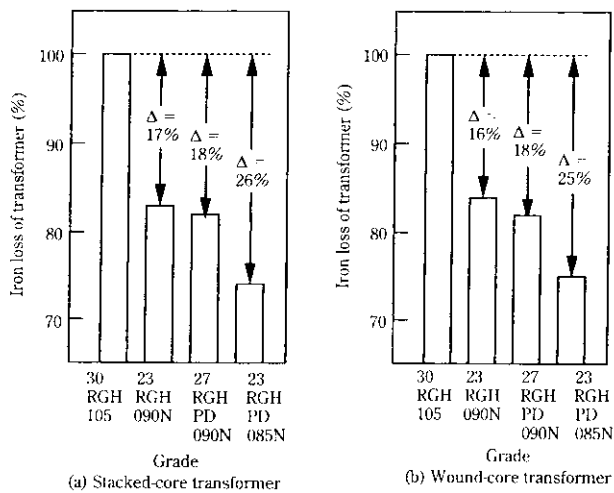
¹⁾Conventional material with high permeability

Fig. 4 Loss reduction rate of model transformers using new materials comparing with conventional one

おり、材料の低鉄損特性が十分に変圧器に反映されていた。

さらに、110 MVA の実機の積鉄心変圧器用材料として従来品 (27RGH100) と本製品 (27RGHPD090N) を使用した結果を Table 4 に示すが、本製品の使用により変圧器の鉄損が大きく改善された。

6 おわりに

低鉄損方向性電磁鋼板「23RGH090N」、 「23RGHPD085N」、 「27RGHPD090N」について、その製品特性と変圧器への適用例を紹介した。本製品を積鉄心または巻鉄心変圧器に使用することにより大きな省エネルギー効果が期待できる。

参考文献

- 川崎製鉄(株)：日本特許登録第 2655991 号
- 川崎製鉄(株)：特公平 7-84615
- 川崎製鉄(株)：特開平 9-41042
- 川崎製鉄(株)：特公平 7-72300
- K. Sato, A. Honda, K. Nakano, M. Ishida, B. Fukuda, and T. Kan: *J. Appl. Phys.*, **73**(1993)10, 6609-6611
- 佐藤圭司, 福田文二郎, 菅 孝宏, 日名英司, 後藤公道: までりあ, **34**(1995)6, 777-779
- 川崎製鉄(株)：特公平 3-69968
- 貞頼徳雄, 飯田嘉明, 福田文二郎, 岩本勝生, 佐藤圭司, 清水 洋: 川崎製鉄技報, **21**(1989)3, 239-244