

広い温度範囲において鉄損が低い MnZn フェライト

MnZn Ferrites Indicating Low Power Loss in Wide Temperature Range

1. はじめに

JFE スチールグループでは、10 kHz 以上の高周波領域に対応する軟磁性 MnZn フェライトの製造を、JFE ケミカルの子会社である JFE フェライトと江門傑富意磁性材有限公司において行っている。主要な製品としては、低損失材 MB4¹⁾ や高透磁率材 MA055 などがある。フェライトコアの製造拠点は、国内に1ヶ所(岡山県倉敷市)、国外に2ヶ所(タイ ランソン県、中国 江門市)あり、お客様の需要に即応可能な供給体制を構築している。

近年の情報化社会の進展にともない、社会のいたるところでさまざまな電子機器が使用されるようになった。これら電子機器の電源には、スイッチング電源が多用される。その主要部品である変圧器の磁心には、低損失フェライトコアが不可欠であり、目的に応じてさまざまな特性が要求される。

JFE スチールグループでは、特に広い環境温度下で低損失を維持できる MBT1 を 1998 年に世界で初めて量産化した。MBT1 は、たとえば自動車機器用電源のように、-40~150°C という広い温度にさらされる用途に最適である。また 2003 年には、お客様の低損失化要求に応えるため、MBT1 に比べて鉄損を 15% 低減したソフトフェライト MBT2 の開発に成功し、量産体制を確立した。さらに、実験室規模ではあるが、鉄損最小値が 90°C において 245 kW/m³ (100 kHz, 200 mT) となり、140°C においては 335 kW/m³ を示す、広い温度領域で業界トップレベルの低損失を有する MBT3 の開発にも成功した。本報ではこれらの材質について紹介する。

2. MBT2 および MBT3 開発のポイント

MBT1²⁾ は、MnZn フェライトの主成分である Fe₂O₃ の一部を CoO で置換することにより、結晶磁気異方性の温度変化を緩和し³⁾、鉄損の温度依存性を小さくした、量産品としては世界初の材料である。この基本技術を用いながら、MBT2 では以下の観点に基づいて低損失化を図り、連続炉での量産化に成功した。

- (1) ヒステリシス損失を低減するために主成分組成と微量添加物組成を最適化
- (2) 鉄損を極小化するような結晶粒径や空孔分布を実現するために、焼成温度や焼成雰囲気中の酸素濃度を精密

に制御

- (3) JFE ケミカルで生産する高純度酸化鉄原料 JC-CPW を使用⁴⁾

また、MBT3 では上記の要点を中心にして、さらに精密な制御を実施することにより、超低損失を実現している。

3. MBT2 および MBT3 の磁気特性

MBT1 と MBT2、および汎用低損失材 MB3⁵⁾ の材質特性を Table 1 に、各材質の鉄損 P_{cv} の温度依存性を Fig. 1 に

Table 1 Magnetic characteristics of MB3, MBT1, and MBT2

	Temperature (°C)	MB3	MBT1	MBT2
Initial Permeability, μ_{iac}/μ_0	23	2 500 ±25%	3 400 ±25%	3 300 ±25%
Saturation flux density at 1 200 A/m, B_{ms} (mT)	23	510	510	530
	60	450	460	470
	100	390	390	400
Remanence, B_{rms} (mT)	23	130	90	70
	60	90	70	50
	100	55	60	40
Coercivity, H_{cms} (A/m)	23	14.3	9.0	7.5
	60	10.3	7.0	5.5
	100	8.8	6.0	4.3
Core loss at 100 kHz and 200 mT, P_{cv} (kW/m ³)	23	700	390	370
	60	500	330	310
	100	410	340	300
	120	500	400	370
Curie temperature, T_c (°C)		≥215	≥230	≥215
Resistivity, ρ ($\Omega \cdot m$)		≥6	≥4	≥4
Density, d (kg/m ³)		4.9×10^3	4.8×10^3	4.8×10^3

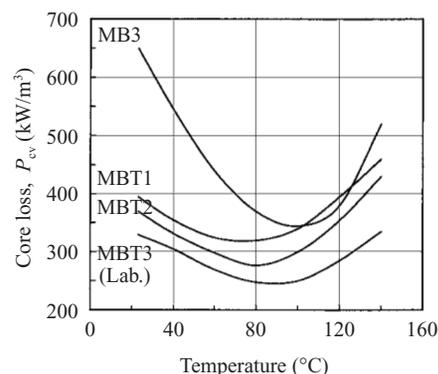


Fig. 1 Temperature dependence of core loss at 100 kHz and 200 mT (MB3 is the conventional low loss material. MBT1, MBT2, and MBT3 indicate the smaller temperature coefficient of core loss than that of MB3.)

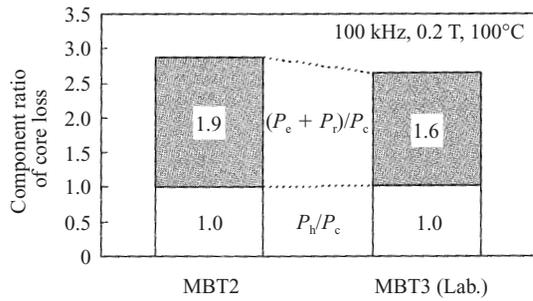


Fig. 2 Component ratio of core loss in MBT2 and MBT3 (P_e , P_h , P_e , and P_r corresponds to total loss, hysteresis loss, eddy current loss and residual loss respectively. P_h/P_e of MBT2 is defined as 1.0.)

示す。MBT2は、MB3に比較して温度依存性が小さいだけでなく、MBT1と比較しても15%の低損失化を実現している。さらに、実験室レベルで開発したMBT3の鉄損の温度依存性をFig. 1に併記する。MBT3は、MBT2よりもさらに15%低損失であり、室温から140°Cにわたる温度範囲でトップレベルの性能を確保している。

次に、MBT2とMB3の損失因子をFig. 2に示す。ここでは、全損失 P_e を、ヒステリシス損失 P_h とそれ以外の因子(渦電流損失 P_e と残留損失 P_r の和)に分けて、解析した。MBT3においては、MBT2のヒステリシス損失を上昇させることなく、全損失の約65%を占める渦電流損失と残留損失の和を15%低減することによって、低損失化が実現された。

最後に、MB3、MBT1、MBT2の比初透磁率 μ_i/μ_0 (μ_0 は真空の透磁率)の温度依存性をFig. 3に示す。MBT1、MBT2は、MB3に比較して μ_i/μ_0 の温度変化も小さいため、フェライトコアに巻線したコイル部品において、インダクタンスの温度変化抑制に有効である。この特性を生かし、本材料は自動車搭載アンテナ用コアとして実用化されてい

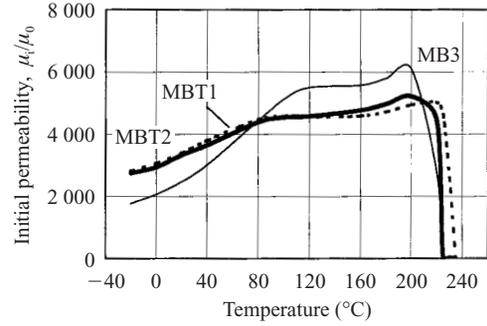


Fig. 3 Temperature dependence of initial permeability in MB3, MBT1, and MBT2

る。

4. おわりに

JFE スチールグループでは、広い温度範囲で鉄損が小さいMBT2の量産化に成功した。また、実験室規模ではあるが、MBT2よりもさらに低損失のMBT3の開発に成功した。今後は、MBT3の量産化を目指して、材料開発および製造技術開発を進める予定である。

参考文献

- 1) 小日置英明, 成谷哲, 池田幸司. 川崎製鉄技報. no. 29, vol. 4, 1997, p. 231-232.
- 2) 藤田明, 後藤聡志. 川崎製鉄技報. no. 34, vol. 3, 2002, p. 111-115.
- 3) Stijntjes, T. G.; Klerk, J.; Broese van Groenou. A. Philips Res. Rept. no. 25, 1970, p. 95-107.
- 4) 津崎昌夫, 高木堅志, 吉川文明, 島崎守美. 川崎製鉄技報. no. 24, vol. 2, 1992, p. 148-149.
- 5) JFE フェライト. フェライトコア(2005年度版カタログ).

〈問い合わせ先〉

JFE フェライト
 東京都台東区蔵前 2-17-4 JFE 蔵前ビル 6F
 TEL : 03-3863-7951