

車載向けノイズフィルタ用 MnZn フェライトコア MAF065

MnZn Ferrite Core MAF065 for Automotive Noise Filters

1. はじめに

MnZn フェライトコアは、酸化鉄を原料として酸化マンガン、酸化亜鉛と混合し、成形体を高温で焼結させた磁性材料である。JFE スチールグループでは、この MnZn フェライトコアを JFE ケミカルの子会社である JFE フェライト（岡山県倉敷市）、JFE FERRITE THAILAND（タイ ラヨン県）および江門傑富意磁性材有限公司（中国 広東省江門市）で製造している。原料である酸化鉄は、JFE スチールの冷間圧延工程で鋼板表面の洗浄に使用した塩酸を、JFE ケミカルで噴霧焙焼することで得られ、世界最高レベルの純度の原料から最終製品のコアまでをグループ内で一貫して製造できることが特徴である。

MnZn フェライトコアのうち、初透磁率が 4 000 を超える高透磁率材は、主にノイズフィルタ用として使用される。JFE フェライトで商品化している高透磁率 MnZn フェライトは、MA シリーズとしてラインナップされている¹⁾。高透磁率材はハイブリッド車（HEV）や電気自動車（EV）のパワーコントロールユニット（PCU）などの部品に搭載され、それに伴って需要が拡大している。車載向けノイズフィルタには、高透磁率、高温動作の安定性、高周波数ノイズの除去性能が求められる。本稿では、これらの特性に優れた、車載向けノイズフィルタ用途をターゲットとした MAF065 の特徴について紹介する。

2. MAF065 の特徴

2.1 製品の位置づけ

図 1 に JFE フェライトの高透磁率材従来品と MAF065 の特性比較を示す。右側にあるほど初透磁率は高く、上部にあるほどキュリー温度が高い。また、プロットのサイズが大きいほど飽和磁束密度が高く、色が濃いほど対応できる周波数が高いことを表している。

既存品の MA055 は、1 MHz 程度において高いインピーダンスを持つことから、MA シリーズの中でも高周波領域のノイズフィルタ用コアとしてよく用いられている。MAF065 は、高周波におけるインピーダンスを MA055 と同等に保ちながら、初透磁率、キュリー温度、飽和磁束密度が MA055 よりも高くなるように設計された材料である。

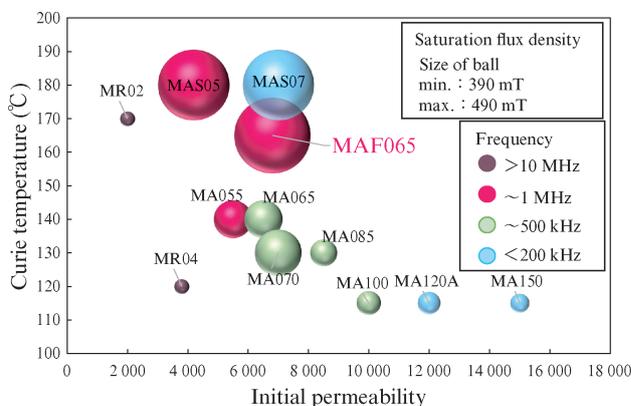


図 1 JFE フェライトの高透磁率材従来品と開発材の特性比較

Fig. 1 Comparison of properties of conventional and developed JFE Ferrite high permeability materials

2.2 材料設計のポイント

結晶粒径が均一で大きくなると磁壁移動が容易になるため、初透磁率は向上する。MAF065 は、実機焼成炉の条件を最適化することで結晶組織をコントロールし、MA055 よりも高い初透磁率を実現した。

原料である酸化鉄、酸化マンガンおよび酸化亜鉛の比率を調整しながら、主原料以外の微量添加物や焼成時の温度・雰囲気工夫することで、キュリー温度を MA055 よりも約 20% 高くすることに成功した。

また、通常は初透磁率が高いほど、500 k~1 MHz の高周波におけるインピーダンスやキュリー温度は低下する。しかし、MAF065 は独自の微量成分を添加することで、結晶中の不純物が粒界に偏析しやすくなり^{2,3)} 材質の抵抗率が上がることを利用し、低周波と高周波のインピーダンス特性を両立させた。

2.3 基本的な磁気特性および電気的特性

2.3.1 初透磁率

表 1 に、MA055 と MAF065 の主な特性を示す。MA055 の初透磁率が 5 500 であるのに対し、MAF065 は 6 500 となっている。初透磁率が高いほど、コイルにする際の銅線の巻数を減らし小型化できるため、車載用の部品を軽量化できる。

2.3.2 キュリー温度

キュリー温度は、磁性材料が磁性を失う温度で、周囲の温度がそれを超えるとノイズフィルタとしての機能を失う。

表 1 MA055 と MAF065 の主な特性
Table 1 Main properties of MA055 and MAF065

	MA055	MAF065
Initial permeability (10 kHz)	5 500	6 500
Curie temperature/°C	140	165
Impedance (1 MHz)/Ω・mm ⁻¹	45	45
Saturation flux density/mT	434	490

MAF065 はキュリー温度が 165°C であるため、最高温度が 150°C にもなるといわれる EV のエンジン周りにおいてもノイズフィルタとしての機能を保てる。

2.3.3 インピーダンス特性

図 2 に MAF065 およびその他既存品の規格化インピーダンスの周波数依存性を示す。ノイズフィルタとして重要なパラメータの一つが、インピーダンスである。MnZn フェライトコアがノイズフィルタとして用いられるのは、主に回路基板と大地間のインピーダンス差によって生じるコモン・モード・ノイズを打ち消すためである。インピーダンスが十分に高い MnZn フェライトコアを使ったコイルを挿入すれば、回路基板のラインと大地の間のインピーダンスの平衡性を保つことができ、ノイズ発生を抑制する⁴⁾。

高周波のインピーダンス特性が従来品の中で優れている MA055 と同等の水準で、かつ低周波のインピーダンスを向上させた MAF065 は、スイッチング電源に用いられる SiC や GaN などのパワー半導体の普及に伴い、より高周波化するノイズを除去するためのフィルタへの適用が期待される。

2.3.4 磁気飽和特性

JFE フェライトの高透磁率材既存品の飽和磁束密度は、430 mT 前後だが、MAF065 は MA シリーズ中で最も高く、

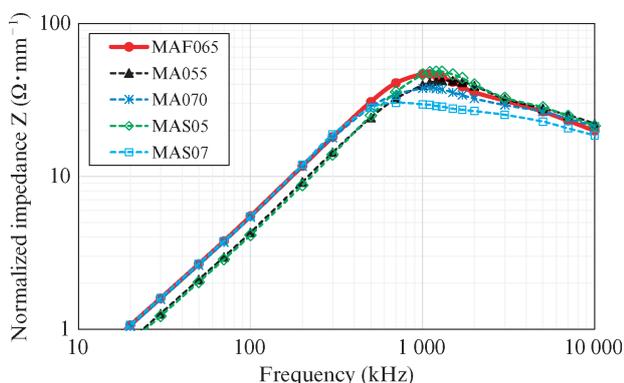


図 2 各材質の規格化インピーダンスの周波数依存性

Fig. 2 Frequency dependence of impedance of MA series

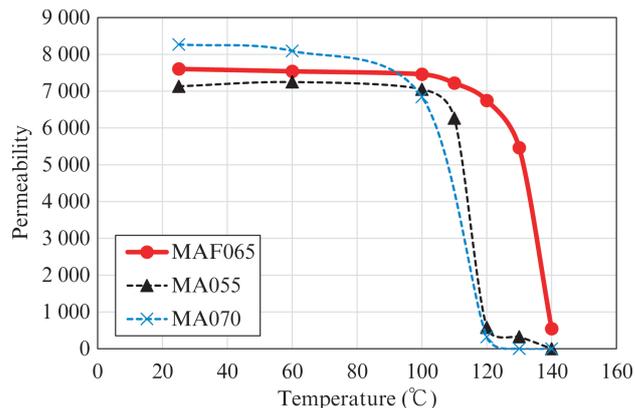


図 3 大電流 (周波数 150 kHz, 磁束密度 200 mT) 印加時の透磁率の温度変化

Fig. 3 Temperature dependence of permeability when large current (frequency 150 kHz, magnetic flux density 200 mT) is applied

490 mT である。これには、大振幅のノイズに対して磁気飽和しにくいというメリットがある。

図 3 は、コアに銅線を巻き、大きな電流を流した時の透磁率の温度変化である。MAF065 は他の材質よりも透磁率が低下する温度が高い。このことは、EV などの大電流で駆動する電源においても、MAF065 であれば磁気飽和に達しにくく、高温までノイズフィルタとして動作することを示している。

3. おわりに

車載向けノイズフィルタとして適用可能な MnZn フェライトコア MAF065 について紹介した。

今後はキュリー温度が高く周波数特性に優れた材料として MAF 材をシリーズ化し、さらに高周波化していくノイズに対応した材料の開発に取り組んでいく。

参考文献

- 1) JFE フェライト. フェライトコアカタログ.
- 2) Zaspalis, V. T. et al. The effect of Nb₂O₅ dopant on the structural and magnetic properties of MnZn-ferrites. Journal of Magnetic Materials. 2002, vol. 250, p. 98-109.
- 3) Shokrorlahi, H. Magnetic properties and densification of Manganese-Zinc soft ferrites (Mn_{1-x}Zn_xFe₂O₄) doped with low melting point oxides. Journal of Magnetic Materials. 2008, vol. 320, p. 463-474.
- 4) 戸川治朗. スwitching電源のコイル/トランス設計. 5版, CQ 出版, 2019, 271 p.

〈問い合わせ先〉

JFE ケミカル ケミカル研究所 磁性材開発センター
TEL: 043-262-2486 FAX: 043-262-2649
ホームページ: <https://www.jfe-chem.com/>