

磁界解析における圧粉磁心の磁気特性のモデリング方法の検討

藤木 拓哉 高 炎輝 堂 蘭 浩 村松 和弘
(佐賀大学)

1 はじめに

圧粉磁心[1]は、強磁性体の微細な粉末を絶縁物とともに圧縮成形した磁心であり、電磁鋼板を用いる積層鉄心に比べて、高周波特性に優れ、磁気特性が等方性であるなどの特長を有する。この圧粉磁心を用いた高周波フィルタなどの電源部品の開発・設計に、磁界解析を適用するためには、粉末中の渦電流が磁気特性に及ぼす影響が無視できず、また、膨大な粒子をそのままモデル化することも困難なため、渦電流を考慮した圧粉磁心のモデリング手法の開発が必要である。

そこで今回、圧粉磁心を用いる機器・装置の磁界解析において、磁性粉末中の渦電流や粒子間の絶縁物を均質化手法[2]を用いてのモデリングすることを目的とし、その基礎検討として、粒子一つのセルモデルの磁界解析を行い、粒径と鉄損の関係を評価したので報告する。

2 解析モデル及び解析方法

解析モデルは、絶縁物に囲まれた立方体の磁性粒子が格子状に無限に並んでいると仮定したモデルの粒子一つ分(セルモデル)とした。図 1 に解析モデルを示す。但し、対称性を考慮して $1/8$ 領域のみ解析した。このセルモデルの z 方向に、最大値 $0.5T$ 、周波数 $10kHz$ と $30kHz$ の時間的には正弦波で変化し、空間的には一様な磁界を与えた。今回は、絶縁物の厚みを $0.1\mu m$ 一定と仮定し、粒径 D (立方体の辺の長さ)を $25\sim 200\mu m$ に変化させた場合の鉄損を評価した。磁性粒子の材料定数は、無方向性電磁鋼板 50A230 を参考とし、磁気特性の非線形性はその初期磁化曲線で考慮し、導電率 $1.9\times 10^6 S/m$ として渦電流も考慮した。

解析は、非線形過渡渦電流解析法を用いて定常状態を求めた。ヒステリシス損は、得られた磁束密度の最大値から磁束密度-ヒステリシス損曲線から求め、渦電流損は、求めた渦電流分布から直接計算した。なお、電磁鋼板で考慮が必要な異常渦電流損[3]は無視した。

3 結果及び考察

図 2 に、粒径 $100\mu m$ の場合の印加磁界最大の瞬間における $z=0$ 面の磁束分布を示す。 $10kHz$ の場合は、粒子内の磁束分布は一様であるが、 $30kHz$ では表皮効果が生じていることがわかる。

図 3 に、粒径 $100\mu m$ の場合の印加磁界 0 の瞬間における $z=0$ 面の渦電流分布を示す。 $30kHz$ で表皮効果が大きくなっていることがわかる。

図 4 に、粉末粒径を変化させた場合の単位重量当たりのヒステリシス損と渦電流損の変化を示す。粒径が小さく、周波数が小さい場合は、ヒステリシス損の方が大きいですが、粒径が大きく周波数が高くなると渦電流損が支配的になる。 $30kHz$ では、粒径を大きくするにつれてヒステリシス損も増加しているが、これは表皮効果の影響である。

今後は、鉄損曲線の実測値を用いて本モデリング方法を検証するとともに、磁界解析のソフトウェアに実装する予定である。

参考文献

- [1]五十嵐, 他, S E I テクニカルレビュー, 186, 92, 2015.
[2] K. Muramatsu, et al., *IEEE Trans. on Magn.*, 40, 2, 896, 2004.
[3] Y. Gao, et al., *IEEE Trans. on Magn.*, 48, 2, 635, 2012.

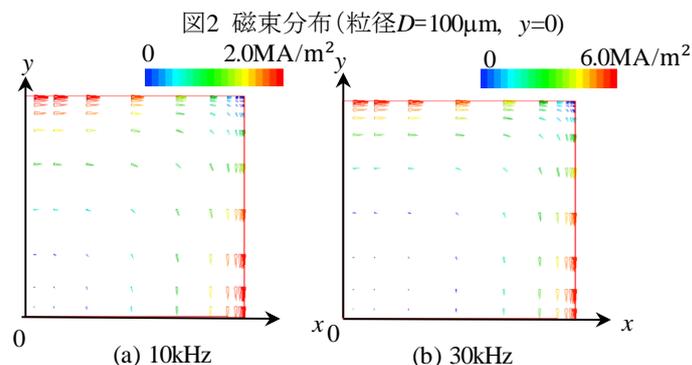
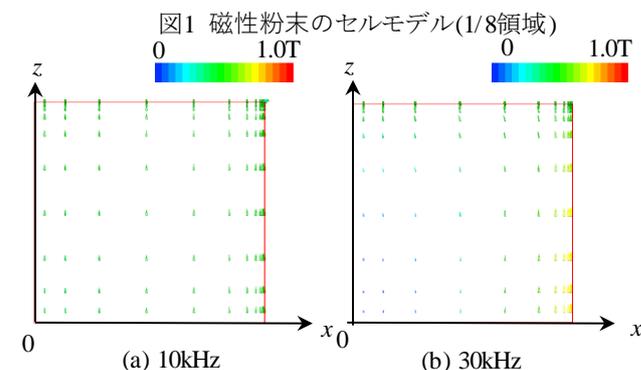
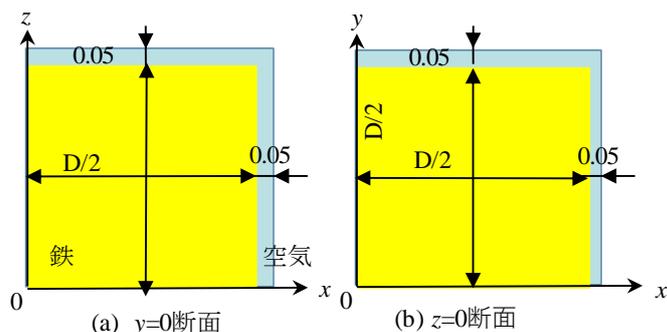


図3 渦電流分布 (粒径 $D=100\mu m$, $z=0$)

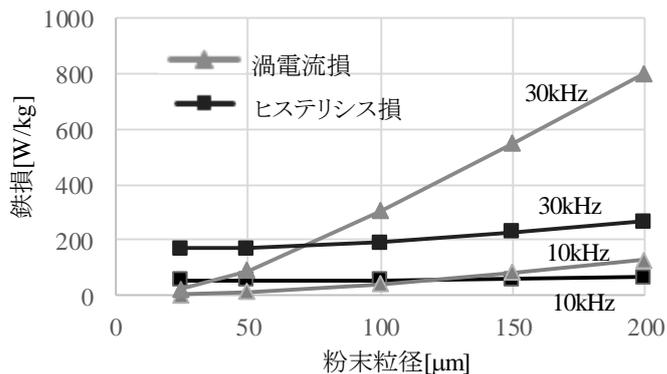


図4 粒径と周波数による鉄損の変化