

ハイパーサーミヤ用高周波磁界発生器における ブースターコイルによる磁界の増強

山田外史, 池畑芳雄, 林 亮平, 上野敏幸, 柿川真紀子
(金沢大学)

Enhancement of High-Frequency Magnetic Fields
By Using Booster Coils Added to Applicator for Hyperthermia Therapy

S.Yamada, Y.Ikehata, R.Hayashi, T.Ueno, M.Kakikawa,
(Kanazawa University)

はじめに

ワイヤレス給電によるダブルパンケーキコイルの発生磁界の増加, また主な損失のコイル抵抗損失を低減させるため, リッツ線の導線数 ($60\mu\text{m}^{\phi}$, 6000本)の増加が必要であるが製作上の困難である. 本報では, コイルを並列とし, 起磁力を増加させ発生磁界の増強を行った. さらに, それぞれのコイルにコンデンサを付けたLCブースター回路としてワイヤレス給電回路とすることにより, コイルの自己インダクタンス等のバラつきによる並列コイル間の電流の不均一を検討した.

ブースター回路付アップリケーター

Fig. 1は, 平面コイルにて構成されるのがん治療用の誘導加熱形ハイパーサーミアの励磁コイルシステムである. 体をサンドイッチするように上下コイルが配置され, また上下コイルを直列にすることによるインダクタンスの増加, すなわち励磁電圧の増加を抑制するため, 磁電磁誘導形ワイヤレス給電により一方の電流を流している^{1),2)}.

このシステムの磁界発生を増加させるため, Fig. 2に示すように上下コイルを2並列回路(2×2コイル)とした. 並列に巻いたコイルは, LCブースター回路として電磁誘導により給電する. この等価回路は, Fig. 3となる. 上コイルの一方のみに直接電源に接続し, 他の3コイルには共振用コイルが直列接続される. 抵抗はコイル損失等を含めた等価直列抵抗である. 各コイル, コンデンサの値は基本的には同じ値とする. 上下の並列コイル間の結合係数 $k=0.95$, また上下コイル間の結合係数 $k=0.065$, コイルのインダクタンス値 $L=6.0\mu\text{H}$, コンデンサ値は $0.29\mu\text{F}$ である.

シミュレーション結果とまとめ

Fig. 3に示す等価回路にてシミュレーションした結果を Fig. 4に示す. パラメータの値は, 計測によって得られたものを使用した. 上下のそれぞれのコイルに流れる電流はほぼ同位相の同振幅であり, かつ利用する共振周波数(f_1)近傍では, 上下コイルにおいても同じとなる. また, シミュレーションの結果は, コイルの自己インダクタンス, コンデンサの値の変動による電流の不均一性は大きく抑制できることが明らかになった.

参考文献

- 1) S.Yamada, et al, : *J. Magn. Soc. Jpn.*, **37**, 282 (2013).
- 2) S.Yamada, et al, : *J. Magn. Soc. Jpn.*, **38**, 37 (2014).

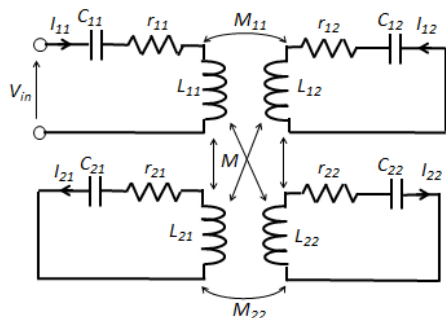


Fig. 3 Equivalent circuit of applicator.

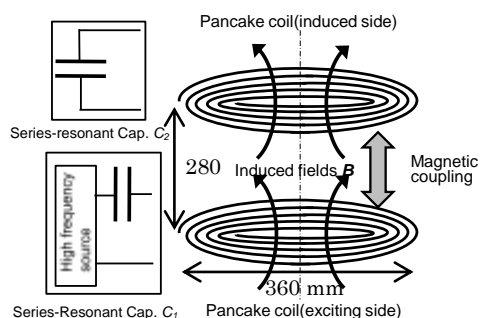


Fig. 1 Applicator with wireless transmission system.

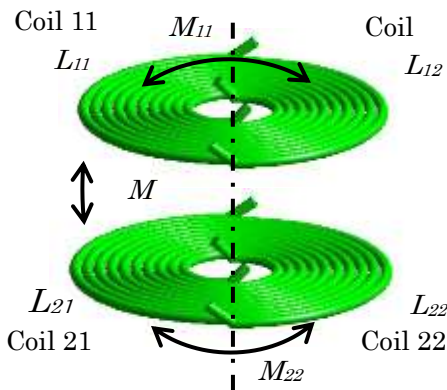


Fig. 2 Double pancake coils with parallel coils.

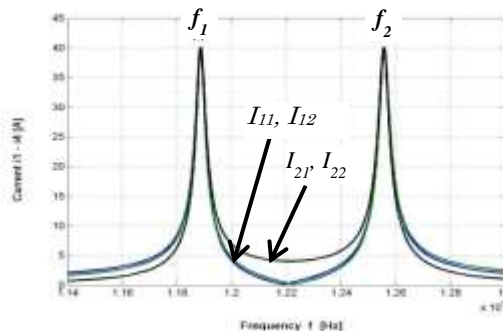


Fig. 4 Frequency characteristics of currents.

磁気機能性流体を用いた円管内面マイクロ加工のための磁界解析

塚田悠太, 池田慎治, 平松信義, 櫻井 豊, 西田 均
(富山高等専門学校)

Magnetic Field Analysis for Micro Processing for Internal Horizontal Circular Pipe Utilizing Magnetic Functional Fluid

Y. Tsukada, S. Ikeda, N. Hiramatsu, Y. Sakurai, H. Nishida
(Toyama National College of Technology)

はじめに

各種産業用の金属円管の内面精密加工は、その強度などの材料特性が優れているほど被削性が低下する。そのため、これを高精度かつ容易に加工する方法が求められており、磁気混合流体 (MCF) を用いた加工法が提案されている。MCFは粒径の異なる磁性微粒子を分散させた粘性流体であり、磁界分布を制御することにより、砥粒と混合した長くフレキシブルな凝集体 (磁気クラスタ) を形成することができる。本研究では、MCFを用いた研削法の工具設計のための磁界解析を行った。

数値解析の方法と結果

これまでに実験的にいくつかの研削方法が検討されている中から、Fig. 1に示す形状の工具を数値解析の対象とした。工具はリング形状の永久磁石を一定間隔で連結したものであり、磁石は軸方向に着磁されており、着磁方向は、隣接する磁石毎に反対方向となっている。砥粒は非磁性体であり、磁気クラスタによってトラップされる。円管内面で一定以上の磁界を発生させないと磁気クラスタを形成できない。一方、単純に磁石を多くして位置を近づけると、隣接クラスタ間の相互作用が期待できる半面、磁気クラスタの体積減少などにより研削効率は向上しないことが実験的に明らかとなっている。

以上より、解析手法は軸対象2次元静磁界解析とした。磁石形状とその配置をパラメータとして広範囲に解析し、実験結果との比較を行うことと、将来的な工具設計の最適化に資するデータを得ることを目的とした。2次元解析のため1つの計算条件当たりの計算量は比較的少ないが、これを多数の条件において解析するため、解析処理を連続化するシステムを構築した。

結果の一例をFig. 2に示す。管内径は14.9mmである。磁石間隔を13mm以上とすると磁石間には磁気クラスタの保持が難しくなる条件である。磁石間の最低磁束密度は約180mTとなっており、磁石間でこれより大きな磁束密度を確保しながら、その周囲に大きな磁束密度勾配を得よう設計すればよいことがわかる。

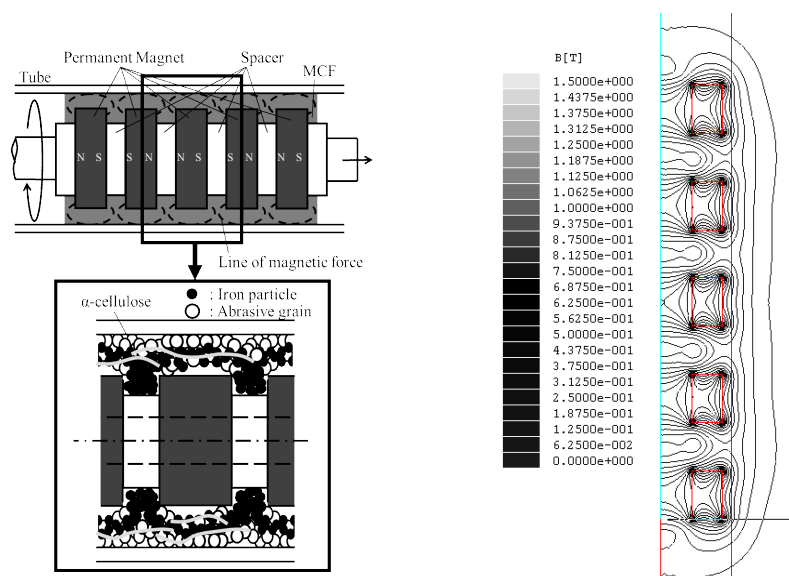


Fig. 1 Schematic diagram

Fig. 2 Distribution of flux density

参考文献

- 1) H. Nishida, et. al., "Influence of Magnetic Field Distribution on Micro Processing for Internal Horizontal Circular Pipe Utilizing Magnetic Functional Fluid", Journal of JSAEM, Vol 22, (2014 in press)

ハルバッハ配列磁石の磁束密度向上へ向けたヨーク構造の最適化

磯上 慎二¹, 松本 拓樹²
(福島高専¹一般教科, ²電気工学科)

Optimum yoke structure for enhancement of magnetic flux density in Halbach-type permanent magnets

Shinji Isogami, Hiroki Matsumoto

(Fukushima National College of Technology, ¹General Education, ²Electric Engineering)

1. はじめに

現行アクチュエーターデバイスの磁気浮上駆動機構の性能は、そこに搭載される永久磁石がつくる磁束密度分布や強度などによって決められている。今後デバイスサイズの縮小に伴い永久磁石の小型化が進むと、従来の駆動性能が得られない可能性がある。これは永久磁石から発生する磁束密度が低下するためである。永久磁石体積の縮小による磁束密度の低下を抑制するため、我々はこれまで、磁石を Halbach 配列化することで漏れ磁束を集中し磁束密度の向上を目指してきた。しかし、更なる向上のためにはバックヨーク構造の最適化が必須である。Halbach 配列磁石は Plain 型磁石とは異なる複雑な磁束パターンを有するため、バックヨークには特異的な構造が求められると推測される。よって本研究では、Halbach 配列磁石に対して最適なバックヨーク構造の設計を目的とした。

2. 検証方法

磁束密度の検証には、磁場解析ソフト (JMAG) を用いて算出を行った。Halbach 配列磁石材料には、Wellmax-18ME ネオジウムボンド磁石 (住友金属鉱山製) を仮定した。Halbach 配列磁石は図 1 に示すように、同極を向かい合わせた両側 2 枚の永久磁石 ($4 \times 14 \times 4 \text{ cm}^3$) で中央の永久磁石 ($6 \times 14 \times 4 \text{ cm}^3$) を挟み込む構造とした。この Halbach 配列磁石を空隙 $d = 6 \text{ mm}$ だけ離し、上下に重ねて配置した。代表的なバックヨーク構造はコの字型を基準とし、①フロントヨーク設置、②断片型バックヨークの 2 種類の場合について、JMAG 解析を行い、空隙中央の磁束密度の Z 成分を比較した。ここで空隙中央とは、磁石表面から 3 mm の高さで定義している。

3. 検証結果

図 2 は種々の永久磁石と種々のバックヨーク構造による中央磁束密度 (B_z) の増加率を示す。両側 Plain 磁石に比べて、両側 Halbach 磁石の場合は、40%の増加となった。これは Halbach 配列により、漏れ磁束が空隙中央に集中した効果であることが JMAG による解析で別途明らかとなった。次にフロントヨークを設置したところ、さらに 7.3%の増加が得られた。これは両側 Halbach 磁石から外部への漏れ磁束が、対をなす磁石へ効率よく戻った結果であることが判った。更なる増加を目的としてバックヨークを断片化したところ、2.2%の増加を見出した。これは Halbach 磁石内部の特異的な磁束構造に起因すると考えられる。本講演会ではこの主要な原理を具体的に議論し、磁束密度向上へ向けた種々の磁石に対する汎用的なバックヨークの設計指針を示す予定である。

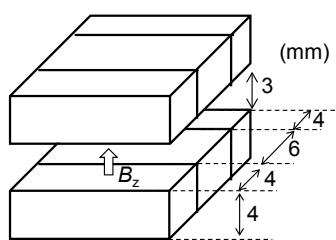


図 1 解析に用いた Halbach 配列磁石モデル

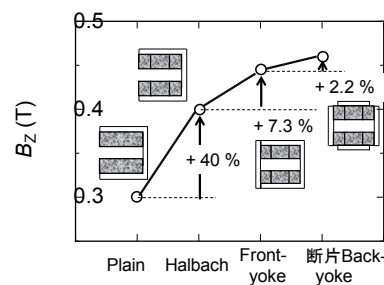


図 2 種々の永久磁石とバックヨーク構造の最適化による中央磁束密度の Z 成分 (B_z) の増加率

参考文献

- 1) K. Halbach, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A*, 246, 77 (1986).
- 2) Z. O. Zhu, and D. Howe, *Electric Power Applications*, 148, 299 (2001).

ヒステリシスを考慮可能な磁気回路モデルを用いた 種々の磁性材料の鉄損算定

田中秀明, 中村健二, 一ノ倉理
(東北大学)

Iron loss Calculation of Soft Ferromagnetic Materials using Magnetic Circuit Model
considering Magnetic Hysteresis

H. Tanaka, K. Nakamura, O. Ichinokura
(Tohoku University)

はじめに

トランスやモータなどの電気機器の高効率化には、磁気ヒステリシスも含めた鉄損の定量的な算定が必要不可欠である。マイクロマグネティクスは磁壁や磁区の挙動を微視的に解析する手法であり、ヒステリシスや磁気飽和などの複雑な磁気現象を表現できるが、一般にモデルが大規模になるため、電気機器の解析に適用することは容易では無い。これに対し、いくつかの仮定を設けることで、モデルを簡略化する手法が提案されている⁽¹⁾。これを受けて、先に筆者らは、簡略化されたマイクロマグネティクスモデルを磁気回路法に取り入れることで、磁気ヒステリシスを簡便かつ精度良く算定する手法を提案した⁽²⁾。

本稿では、提案手法の適用拡大を目的とし、2種類の無方向性ケイ素鋼板、並びにアモルファス金属のヒステリシスループの算定を行ったので報告する。

ヒステリシスを考慮可能な磁気回路モデル

図1に、巻数 N の巻線が施され、交流電源に接続された鉄心と、これに対応する磁気回路モデルを示す。本モデルは、同図に示すように、直流ヒステリシスを LLG 方程式で計算し、交流損失を磁気インダクタンスと従属電源で計算する。LLG 方程式のパラメータは、実測した直流ヒステリシスを近似することで求められる。また、交流損失を表す素子のパラメータである γ_1 および γ_2 は、材料の高周波鉄損曲線を近似することで求まる。

提案手法の妥当性を確認するため、板厚 0.35 mm の一般的な無方向性ケイ素鋼板 (35A440) と板厚 0.20 mm の低鉄損の無方向性ケイ素鋼板 (20HTH1500)、およびアモルファス金属のヒステリシスループを実測し、計算結果と比較を行った。図2に、ヒステリシスループの実測値と計算値を示す。これらの図を見ると、提案手法によって種々の磁性材料のヒステリシスループを精度良く算定できることが了解される。

参考文献

- 1) 古屋, 藤崎, 上原, 清水, 大島, 村上, 高橋, 電学研資 SA-13-6, RM-13-6 (2013)
- 2) 田中, 中村, 一ノ倉, 電学論 A, Vol. 134, pp.243-249 (2014)

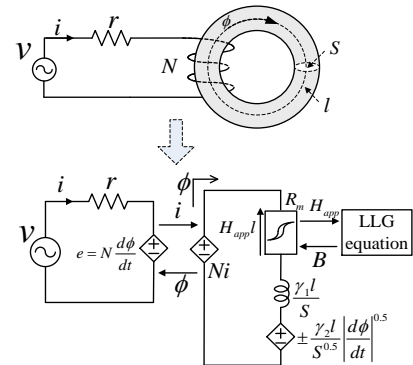
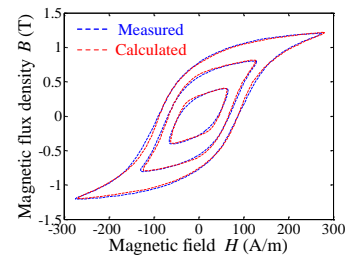
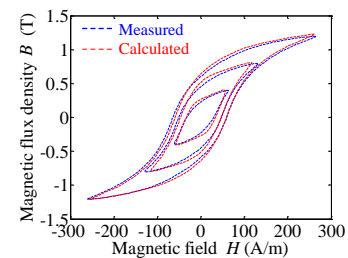


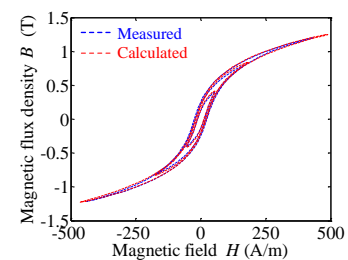
Fig. 1 Proposed magnetic circuit model.



(a) 35A440 ($f = 200$ Hz)



(b) 20HTH1500 ($f = 200$ Hz)



(c) Amorphous ($f = 2$ kHz)

Fig. 2 Measured and calculated hysteresis loops.