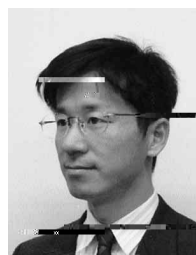
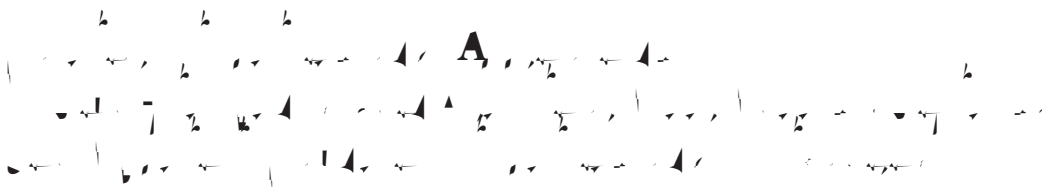


高周波磁気特性と加工性を両立させた 高周波用薄電磁鋼板「HiFreqs」の材料特性と適用例*

川崎製鉄技報
35 (2003) 1, 7-10



定廣 健一

技術研究所
電磁鋼板研究部門
主任研究員(主席掛長)



石田 昌義

技術研究所
電磁鋼板研究部門
主任研究員(課長)・
理博



本田 厚人

技術研究所
電磁鋼板研究部門
主任研究員(部長補)・
工博

要旨

鋼に対する高純度化技術と、添加技術とを複合的に利用することにより、高周波特性と加工性がともに良好な高周波用薄電磁鋼板「HiFreqs」を開発した。本開発材料は以下の特長を有する。(1) 代表的な高周波用薄電磁鋼板である 6.5% 鋼と同等の比抵抗を有し、5% 以上で良好な高周波低鉄損特性を示す。(2) 従来の鋼レベルの伸び特性および硬度特性を有し、マイクロモータをはじめとするきめ細かい設計・加工を必要とするコア材としても使用可能である。本開発材料は、5% 以上の周波数で良好な鉄損特性を有しており、種々のパワーエレクトロニクス機器、高周波電源機器、高速電動機への適用が考えられる。本論文では、このような周波数領域での応用事例として、まず、25% のリップル電流と低周波電流とが重疊的に印加されるインバータ用高周波リアクトルコアへの適用例を紹介し、優れた特性を有することを明らかにした。次に、70% の高周波誘導加熱用インピーダに適用した例を取り上げる。本開発材を用いることにより、コア部材の寿命を延長することができた。さらに、高速アクチュエータへの応用を想定し、鉄心のパルス応答性評価を行い、その高比抵抗特性により優れた高速応答性を有するとの知見を得た。

1 緒言

近年、インバータの電気機器への応用は、大型の産業機器からエアコン、ハイブリッド自動車といった家庭用機器まで、省エネルギー

ーと快適性の要求に応えるため、ますます広がりつつある。このようなインバータ回路においては、 10kHz や 20kHz といったパワー半導体スイッチング素子が、大容量の電力パワーを高精度かつ柔軟に制御するために用いられており、その駆動周波数は、数 10kHz から 100kHz 程度にまで及んでいる。それゆえに、高調波成分などのノイズ成分を除去するために用いられるインダクタンス成分とな

3 高周波駆動機器への応用例

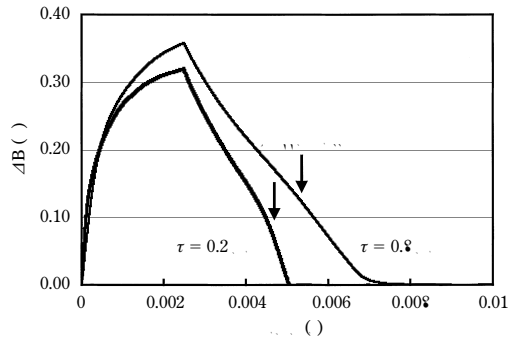
3.1 インバータ電気機器用高周波リアクトルへの適用

インバータを用いる電気機器においては、いったん商用周波数の交流を直流に変換、すなわち整流した後、さらに周波数や電圧の異なる所望の交流に変換している。このような整流回路を含む回路では、平滑コンデンサへの突入電流により高調波成分を多く含む電流が流れる。この高調波成分は、電源回路を逆流し、同系統に接続されているコンデンサなどを焼損するなどの影響が出る。この高調波成分を除去するため、通常二種類の方法が採られている。一つは、高調波成分をフィルタリングするためのインピーダンス成分すなわちリアクトルを回路に直列に挿入する方法である。インピーダンスは周波数とともに増大し、高周波の電流成分を選択的に除去することができる（パッシブフィルタ）。もう一つは、図 3.1 に示す方法であって、高周波のスイッチング素子により、入力電流の波形を強制的に、入力電圧と同じ正弦波に合わせ込む方法である（アクティブフィルタ）。後者の方法では、スイッチング周波数である数 kHz から数 10 kHz の速さでの、高周波リアクトルへの磁気エネルギーの蓄積と放出がきめ細かく行われることとなる。そのため、この高周波リアクトルの鉄心材料には、そのような高周波でのエネルギーの授受を高効率に行うため低鉄損が求められる。

リアクトル用素材の比較として市販のリアクトルコアであるアモルファスコアに加え、図 3.2 でも同等のインダクタンスを有するリアクトルコアを試作し、実際に、2.5 kW の電気機器の電源回路に組み込んで、鉄損を測定した。その結果の比較を図 3.3 に示す。この機器のスイッチング周波数は 25 kHz であった。図 3.3 は、従来の材料と比べて損失が小さく、リアクトル用コア材料として遜色ない特性を有すると言える。

3.2 電縫管の誘導加熱溶接用インピーダへの適用例

電縫管の高周波誘導加熱溶接に用いられているインピーダへの適用結果について述べる。インピーダとは、10 kHz



方向性電磁鋼板の比較を示す。図中の矢印は、電流がほぼゼロに減衰した瞬間を示している。電流が減衰した後も、磁束波形は、ゆるやかに減衰している。この領域を指数関数で近似し、緩和時間を求めた（図中、 τ ）。 $\text{Fe-}10\text{Ni}$ の緩和時間は、 0.2ms となり、従来材に比べ約 $1/4$ であった。実際のコアでは磁路にギャップがあるため反磁場を生じ、緩和時間は、さらに短くなる⁷⁾。

4 結 言

新たに開発した高周波用薄電磁鋼板の材料特性と高周波機器への適用を検討した結果、以下の点が明らかになった。

(1) $\text{Fe-}10\text{Ni}$ は、従来の無方向性電磁鋼板に比べ、 5% 以上の

高周波域で、周波数が高くなるほど、低鉄損となる特性を示した。これは、代表的な高周波電磁鋼板である 6.5% 鋼 とほぼ同等の比抵抗を有するためである。

(2) $\text{Fe-}10\text{Ni}$ は、高純度化技術と $\text{Fe-}10\text{Ni}$ の複合添加技術とにより、良好な伸び特性、低硬度特性という良好な加工性を有している。加工性の改善は、お客様でのコア加工においても、きめ細かい設計要求に対応したプレス加工を可能にする。

本報では、 $\text{Fe-}10\text{Ni}$ 材を、3 種類の高周波電気機器に適用した。

(1) 25kHz の駆動周波数のスイッチング回路を有する家庭用インバータ電気機器のフィルタ回路に適用し、同一動作状態でのコアの損失を評価した。 $\text{Fe-}10\text{Ni}$ は、市販コアであるアモルファスよりも良好な損失特性を示した。

(2) 70kHz の周波数で誘導加熱溶接される電縫管製造装置に用いられているインピーダと呼ばれる軟磁性材コアに適用した。その結果、従来用いられていた 0.1mm 厚みの方向性珪素鋼再圧材に対して、およそ4倍の寿命を得ることができた。

(3) 高速応答アクチュエータを想定したパルス励磁特性を検討した結果、従来の無方向性電磁鋼板に比して、約 $1/4$ の応答時間を達成できた。

以上のように $\text{Fe-}10\text{Ni}$ は、パワーエレクトロニクス技術に象徴される数 10kHz から数 100kHz の領域で駆動される高周波機器で活用できる材料である。パワーエレクトロニクス機器、アクチュエータ、高速モータなどのさらなる高効率化に応用されることを期待して、今後も、いっそうの材料開発、応用技術開発を進めていく所存である。

参 考 文 献

1) 近藤 修，河野正樹，本田厚人，高城重彰，小松原道郎：電気学会基