

# 巻線応力がリング試料の直流磁気特性に及ぼす影響

電子技術部 電子デバイスチーム 馬場 康 壽

磁性材料の直流磁化特性を測定する方法の一つとして積分方式 BH 測定方法がある。磁歪を持つ磁性材料に大きな力がかかると磁化特性が変わるので、この測定方法でも試料に巻線応力がかかることにより磁化特性が変わることが懸念される。本研究では、この測定方法において手巻きによる巻線応力の磁化特性への影響について確認した。

キーワード：積分方式 BH 測定，巻線応力，逆磁歪効果

## 1 はじめに

軟磁性材料はモータ、発電機や電磁弁などの鉄心や磁気回路を構成する材料として広く使用されている。このうちモータは電力消費の5割を占めているため、地球温暖化防止の観点から高効率化による省電力化が求められている<sup>1)</sup>。モータ設計時の電磁解析には軟磁性材料の磁気特性が必要となるが、これを測定する方法の一つとしてリング状試料を用いた積分方式直流 BH 測定方法がある。この測定方法の基本回路を図1に示す。一次コイルに電流を流して試料に磁界を発生させる。このとき二次コイルに誘起した電圧を積分回路に通してその出力電圧から試料に発生した磁束密度を測定する方法で、試料には一次コイルと二次コイルによる締め付ける力がかかる。磁歪を持つ磁性材料に強い力がかかると逆磁歪効果により磁化特性が変化することから、この測定方法でも巻線応力によって、測定した磁化特性が材料本来の磁化特性と異なることが懸念される。

そこで、本研究では積分方式直流 BH 測定において手巻きによる巻線応力による磁化特性への影響について調べた。

## 2 実験

### 2.1 試料作製

逆磁歪効果による影響の有無を調べるために、今回は半硬磁性材料ではあるが磁歪定数が大きく巻線応力が磁化特

性に影響しやすい材料としてパーメンジュール(CoFeV)を用いた。リング試料は外径 45mm、内径 37.5mm、高さ 3mm とし、巻線は一次コイルが 140 ターン、二次コイルが 40 ターンを手巻きした。巻線応力（絶縁用テープ巻き）による影響を確認するために、リング試料に直接コイルを巻いたものと、リング試料に巻線応力が加わらないように樹脂製ケースに入れてからコイル巻きしたものを作製した。ケースには外径が 48mm、内径 34.5mm、高さ 6.6mm のものを用いた。コイル巻きした試料を図2に示す。

### 2.2 測定結果

理研電子(株)製の B-H カーブトレーサ BHU-60 を用いて、コイルを直接巻いた試料とケースに入れてからコイルを巻いた試料について BH 特性を測定した。ただし、ケースに入れた試料の測定結果は二次コイルとリング試料間の空隙補正を行った。磁界強度を 500A/m と 5000A/m で測定したときの磁化曲線をそれぞれ図3と図4に示す。この時の各磁気特性値を表1に示す。500A/m の測定は両者の磁化曲線は明らかに異なったが、5000A/m の測定では肩の部分以外は磁化曲線に大きな差異は見られなかった。

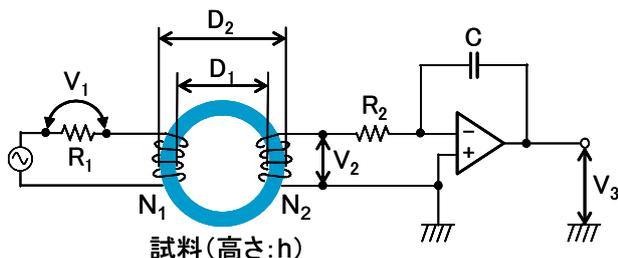


図1 積分方式 BH 測定方法の基本回路



a) 直接コイル巻きした試料 b) ケースに入れてコイル巻きした試料

図2 コイル巻きした試料

しかし、表 1 から明らかなように 5000A/m の測定でも残留磁束密度、保磁力および最大透磁率に差が生じた。次に磁界強度を 100A/m で測定したときの磁化曲線を図 5 に示す。他の測定結果とは逆にケースに入れた場合の方が保磁力は小さくなった。次に、測定磁界強度 100~5000A/m の範囲における BH 特性から求めた各磁気特性の誤差率を図 6 に示す。誤差率はケースに入れた時の値を基準に算出し、大小関係が分かるように誤差は絶対値を取らなかった。磁界強度 500A/m 以上では各磁気特性の誤差率が安定する傾向を示し、最大透磁率の誤差率が一番大きく

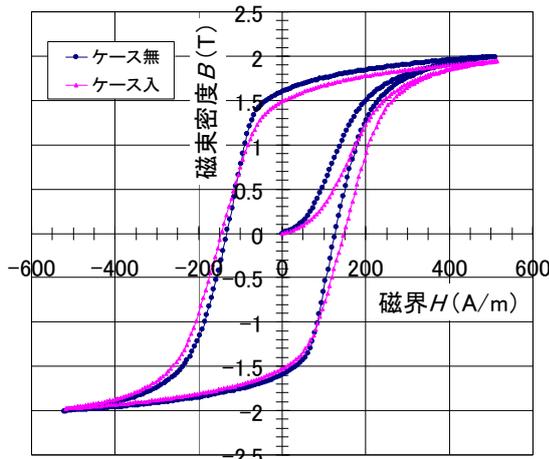


図 3 磁界強度 500A/m の時の磁化曲線

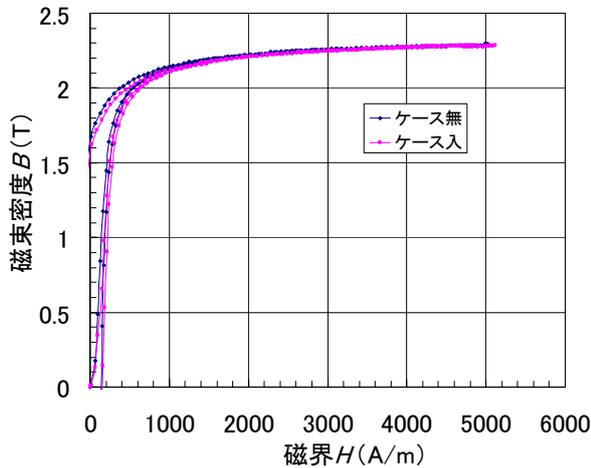


図 4 磁界強度 5000A/m の時の磁化曲線

表 1 磁界強度 500A/m 及び 5000A/m の時の磁気特性値

	磁界強度 500A/m		磁界強度 5000A/m	
	ケース無し	ケース有り	ケース無し	ケース有り
最大磁束密度 $B_m$ (T)	2.000	1.964	2.297	2.298
残留磁束密度 $B_r$ (T)	1.596	1.507	1.648	1.572
保磁力 $H_c$ (A/m)	130.0	146.4	133.7	153.7
最大透磁率 $\mu_m$	6094	4953	5769	4812

約 20%であり、保磁力と残留磁束密度においてもそれぞれ約 10%と約 5%であった。測定磁界強度が 500A/m より小さくなると誤差率が変化する傾向を示した。このように直接コイル巻きした場合は、手巻き程度の巻線応力でも本来の磁化曲線や磁気特性と異なることが分かった。

### 3 まとめ

パーメンジュールのような磁歪の大きな材料の積分方式 BH 測定方法において、試料に手巻き程度でも巻線応力がかかると、磁化特性が影響を受けることを確認した。今後は同材料による再現性の確認を行うことが必要である。また、パーメンジュールより磁歪の小さい材料についても巻線応力の影響を調べ、材料が持つ磁歪の大きさがどの程度から磁化特性に影響するのか確認する必要がある。

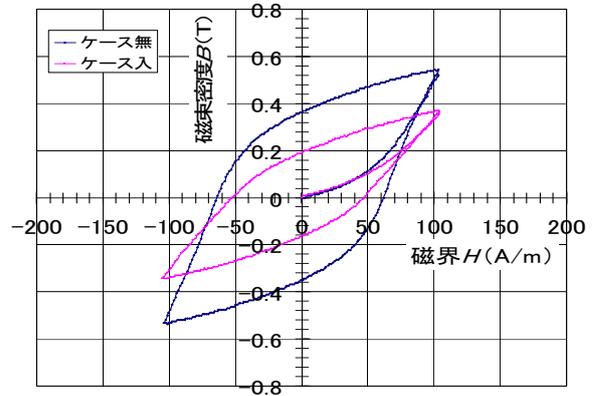


図 5 磁界強度 100A/m の時の磁化曲線

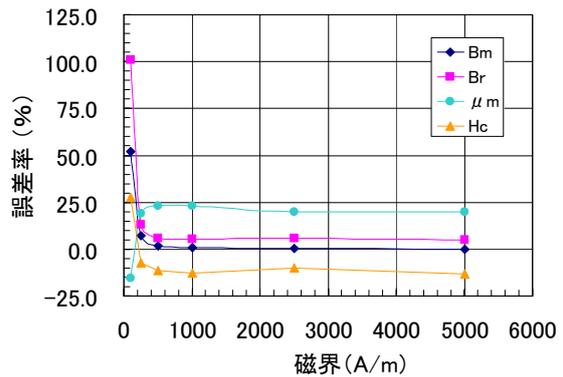


図 6 測定磁界強度による磁化特性値の誤差率

### 文献

- 1) 屋敷裕義ほか；“高張力電磁鋼板とその最適活用”，日本磁気学会研究会資料,189,1 (2013)