

論文

直流・交流電流を併用した高精度消磁

伊藤 清*¹⁾

Precise Demagnetization with Direct and Alternating Current

Kiyoshi Itoh*¹⁾

In measuring the magnetic properties and magnetic particle testing on magnetic materials or products, an accurate demagnetization of specimens is required. The effects of dc and ac current demagnetizing methods are investigated. In measuring the magnetic properties using ring specimens (a closed magnetic circuit), specimens cannot be demagnetized with an ac current demagnetizing method. With a dc current demagnetizing method, the maximum permeability and initial permeability differ from real permeability when the current inversion frequency is increased. When using a dc current demagnetizing method after an ac current demagnetizing method, specimens can be demagnetized precisely. In measuring magnetic properties using pillar specimens (an open magnetic circuit), specimens can be demagnetized precisely when using a dc current demagnetizing method after an ac current demagnetizing method.

キーワード：消磁，直流消磁，交流消磁

Keywords：Demagnetization，Dc current demagnetizing，Ac current demagnetizing.

1. まえがき

磁粉探傷を行った後や磁気特性を測定する場合において消磁を行わなければならない場合があるが，時によって消磁が完全には行われず問題となる^(1,2,3)。

一般に消磁方法には，①熱消磁，②交流消磁，③直流消磁がある。①は完全に消磁が可能であるが，対象物の形状が変形してしまうので良い方法とは言えない。②は一般に行われている方法であり，コイルにより発生させた交流磁場により磁性体内の磁束密度を低減させる方法であるが，完全に消磁させることは出来ない。③は完全に磁性体内の磁束密度をゼロにする方法であるがその機構が難しく，一般には行われていない。

本研究では，交流消磁後に直流消磁する方法を考案し，その方法について各種実験を行った。

2. 閉磁路における消磁

軸通電法や電流貫通法において直流磁化した場合，また，直流磁化特性測定装置を用いて初期磁化曲線やヒステリシス曲線を求める場合における消磁について，高精度に消磁する手法について実験を行った。

外形 45 mm，内径 33 mm，厚さ 5 mm のリング状強磁性試料において，図 1 に示す直流磁化特性測定装置によって各種消磁方法について消磁の程度を測定した。

まず，飽和磁化まで磁化した場合の直流磁化特性を測定



図 1. 直流磁化特性測定装置

した。図 2 に示す磁化特性となった。この試料を図 3 に示す消磁回路により交流消磁を行った。その結果，図 4 に示す直流磁化特性を示した。ヒステリシスループが上下非対象となり消磁が不完全であることが分かる。消磁回路に流す電流値を変化させ，最大交流磁界の値を変化させた。消磁回路により発生する最大交流磁界と消磁率の関係を図 5 に示す。

ここに，

消磁率＝測定した残留磁束密度／正確な残留磁束密度として，計算した。

消磁回路に流す最大交流磁界を大きくするに従い消磁の

*¹⁾ 城南支所

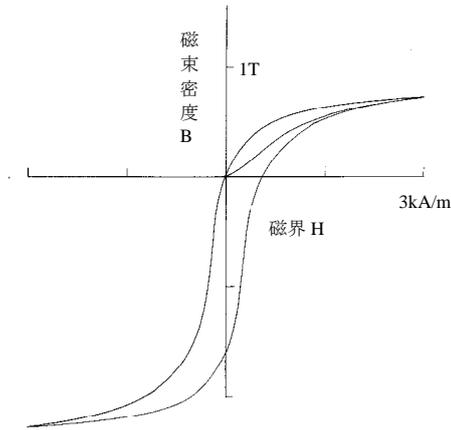


図 2. 残留磁束密度が有る場合の磁化曲線

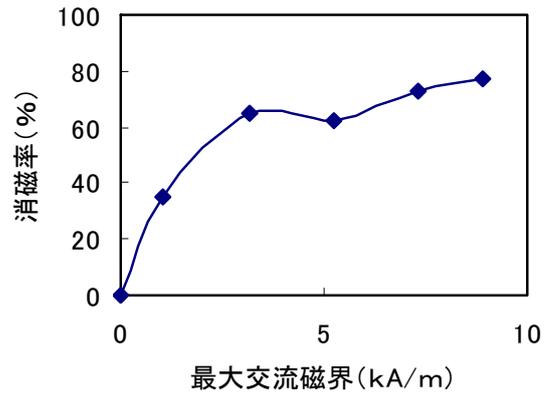


図 5. 交流消磁における最大磁界と消磁率の関係

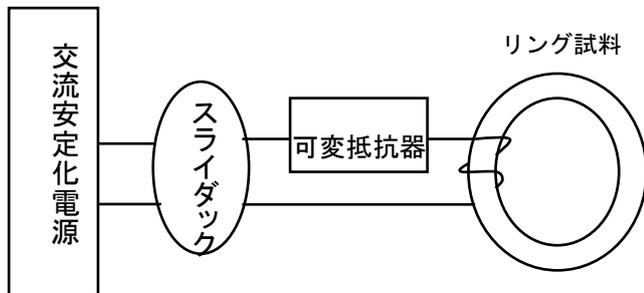


図 3. 交流消磁回路

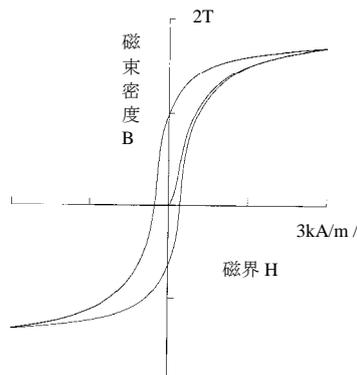


図 4. 交流消磁後の磁化特性

割合も大きくなるが、飽和磁束密度以上になると消磁効果は 80 %にとどまり、完全には消磁できない。その原因は、交流消磁の場合は表皮効果により、磁性体内部まで外部磁場が浸透しないために、消磁が不完全であると考えられる。一方、図 6 に示すように、直流磁界を反転させながら徐々に減少させる方法によって、直流消磁をおこなった。この試料において、直流磁化特性を測定すると、ヒステリシスループが上下対称となり完全に消磁されていることが分か

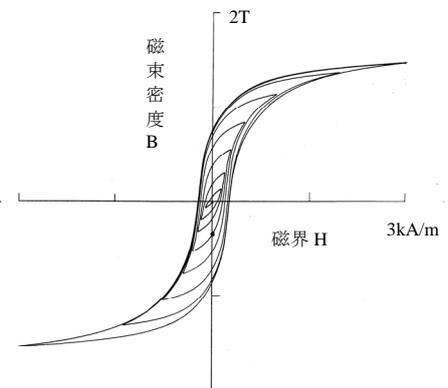


図 6. 直流消磁方法

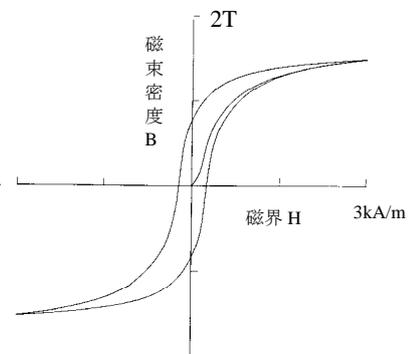


図 7. 直流消磁後の直流磁化特性

る (図 7)。しかし、この方法は、直流磁化特性測定装置のドリフトや消磁操作が面倒であるなど問題点が多い。次に、図 8 に示す反転を一回のみによる直流消磁によって消磁を行った。この方法も、直流磁化特性を測定すると、ヒステリシスループが上下対称となり一見消磁されているように見える (図 9)。しかし、初期磁化曲線は図 7 に示す初期磁化曲線とは異なっていることが分かる。そこで、直流消磁の反転の回数を変えて直流磁化特性を測定した。その結果、図 10 に示すように、反転の回数が少ない場合は反転回数が多い場合に比べ、最大微分透磁率は大きく、初透磁率は小さいことが分かった。一般には、図 11 に示すような初透磁

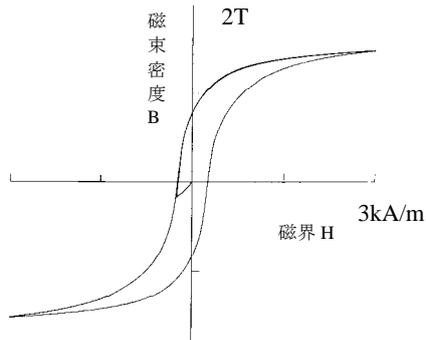


図 8. 反転が 1 回の場合の直流消磁

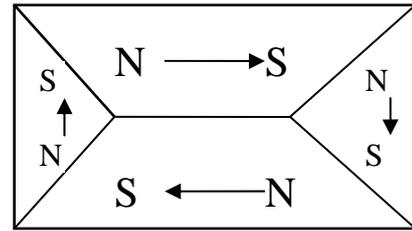


図 12. 反転が 1 回のみによる直流消磁の場合

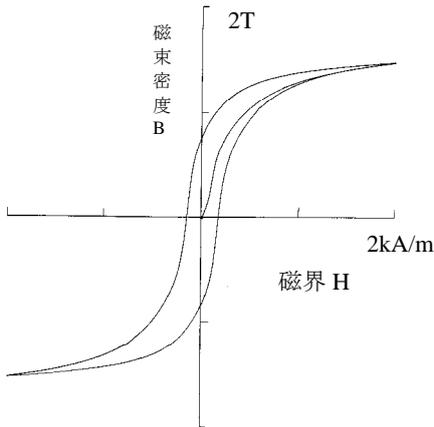


図 9. 反転一回直流消磁の場合の直流磁化特性

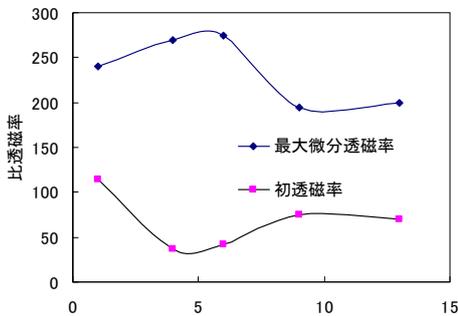


図 10. 直流消磁の反転の回数と透磁率の関係

率範囲は、磁壁の移動が可逆であり、不連続磁化範囲（微分透磁率が最大となる過程）では磁壁の移動が大きく変化し不可逆となる⁽⁴⁾。したがって、反転の回数が少ないほど、最大透磁率は大きく、初透磁率は小さいという実験結果に一致している。したがって、反転回数が少ない直流消磁は、全体としては、消磁されているが、完全な消磁状態とは言えない。図 8 に示す反転を一回のみによる直流消磁の場合も、図 12 に示す単純な閉磁路を形成していると考えられる。ただし、この場合は全体としては消磁状態とはなっていないが、小さな領域では消磁状態ではない。表面の磨耗などにより一部が欠けた場合は磁極が表面に現れることになる。

そこで、直流と交流を併用して簡易に完全な消磁する方法を考案し、実験を行った。まず、図 3 と同じ回路により交流消磁を行いその後、図 13 に示す直流消磁を行った。結果を図 14 に示す。直流消磁に近い消磁状態となった。

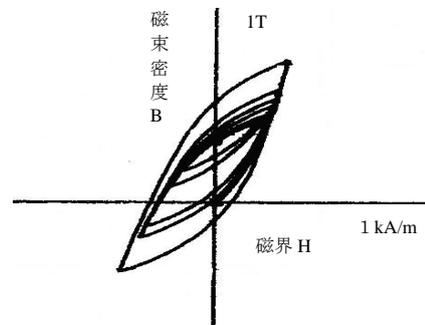


図 13. 交流消磁後の直流消磁

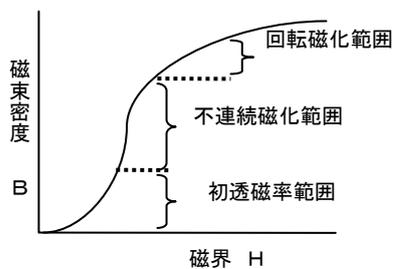


図 11. 初期磁化曲線と磁化過程

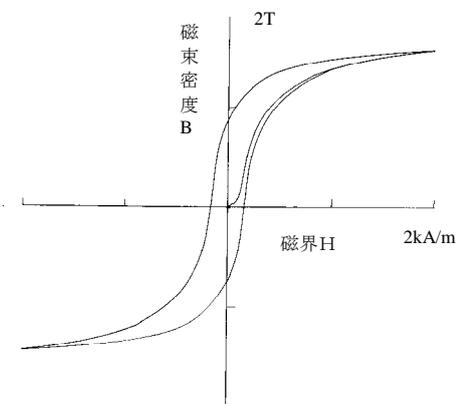


図 14. 交流消磁後直流消磁の磁化特性

3. 開磁路における消磁

コイルにおいて直流磁化した場合は、開磁路となり磁性体の外部に磁場が漏洩する。この開磁路の場合に、高精度に消磁する方法について実験を行った。直径 30 mm 長さ 90 mm の円柱状磁性体試料において、磁粉探傷機（電子磁気工業（株）製 ER26FS）によって各種消磁方法について実験を行った。コイル法により直流磁場を 22 kA/m 加えた後に、残留磁束密度を測定した。テスラメータ（電子磁気工業（株）製 GM-4120）で測定した結果、 $63 \times 10^{-4} \text{T}$ であった。この試料に交流磁場 22 kA/m を加え、印加磁場をゼロに逡減した（交流消磁）。その結果、残留磁束密度は $3.4 \times 10^{-4} \text{T}$ に減少した。

交流消磁した状態の試料においてさらに直流消磁を行った。残留磁束密度に逆方向に 3.7 kA/m の直流磁場を加え、さらに順方向に 1.9 kA/m の直流磁場を加えて 0 kA/m に戻した。その結果、残留磁束密度は $1.2 \times 10^{-4} \text{T}$ に減少した。この状態から、さらに、残留磁束に対して逆方向に 0.94 kA/m の直流磁場を加え 0 kA/m に戻した。その結果、残留磁束密度は、さらに $0.2 \times 10^{-4} \text{T}$ に減少した。開磁路においても、交流消磁を行った後に直流消磁を 2, 3 回行うことにより残留磁束密度は交流消磁のみの場合に比べると大きく減少することが分かった。

4. まとめ

- ① 閉磁路であるリング試料において以下の結果が得られた。
 - (1) 「交流消磁」は消磁に使う交流磁界が大きいほど消磁状態に近いが、大きい残留磁気がある。
 - (2) 「直流消磁」は完全な消磁状態に近いが、機構が複雑となる。
 - (3) 「交流消磁後の直流消磁」は、高精度な消磁状態となった。
- ② 開磁路である円筒状の試料において、①-(3)と同様に「交流消磁後の直流消磁」を行うことにより高精度な消磁が得られた。

（平成 21 年 7 月 8 日受付, 平成 21 年 8 月 26 日再受付）

文 献

- (1)伊藤清：「消磁回路に接続する空心インダクタンスの効果」, 東京都立工業技術センター研究報告, No.10, pp. 84-87 (1981)
- (2)毛利佳年：電子通信学会論文誌 56C-2, p130 (1973)
- (3)毛利佳年：電子通信学会論文誌 95C-2, p179 (1975)
- (4)山田一：基礎磁気工学 (1975) ,54,学献社