

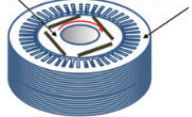
## カーボンニュートラルに貢献する電磁鋼板とその磁気特性評価

### はじめに

地球温暖化を緩和すべく、各種動力の電動モータへの転換が進行しており、特に、自動車においてその動きは顕著です。モータの動作は電磁石の仕組みに基づいています。出力の大きいモータすなわち強い電磁石にするためには、鉄心に「電磁鋼板」という後述の「磁束密度」の高い特殊な鋼板が用いられます。電磁鋼板は薄いほど後述の「鉄損」が下がり効率の良いモータになるので、モータの鉄心には、電磁鋼板を積層したものが用いられます(図1)。磁束密度の高い電磁鋼板は高出力化に、鉄損の低い電磁鋼板は高効率化に結び付きます。高性能電磁鋼板の採用とその効率的利用が脱炭素社会移行に貢献します。以下で、電磁鋼板の磁気特性評価技術について、紹介したいと思います。

### 回転子鉄心

### 固定子鉄心



板厚0.25~0.5mmの電磁鋼板を所定の形状に加工し、積層固定したもの

図1 モータ鉄心

### 磁気特性 (磁束密度と鉄損)

コイルに電流を流して作った磁場Hの中に鉄心を入れると、磁化して電磁石になります(図2)。電流を増やすと電磁石の強さ(磁束密度)も大きくなります。

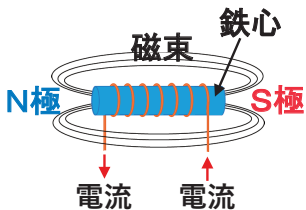


図2 電磁石

図3は磁場の強さHを横軸に、電磁石としての強さ(磁束密度、B)を縦軸にとったものです。少ない電流で高い磁束密度を示す材料が優れた電磁石材料であると言えます。図3では、BとHが比例関係とはならずループ状になっています。これは磁束の変化がすぐには磁場に追従しないこと、すなわち磁化の抵抗によるものです。抵抗が大きいほど図3のループが広がり、発熱損失になります。従って電磁鋼板の効率は

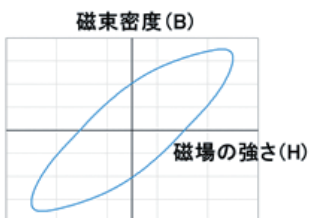


図3 B-Hループ

図3のB-Hループの面積から評価することができ、これを鉄損と呼びます。

### 磁気特性の評価法

磁気特性の評価では、まず図4のように、積層したリング状試料にコイル(励磁コイル)を巻き、交流電流を流して試料を磁化させます。磁化したリング試料に別のコイル(検出コイル)を巻くと試料の磁束密度に応じた誘起電圧が生じます。励磁コイルの電流からH; 磁場の強さを、検出コイルの電圧からB; 磁束密度を計算します。

図4では試料を変えるたびに巻き線をしなければなりません。そこで、図5左のように、励磁コイルと検出コイルを巻いた中空構造4個を四角形に配置した測定枠を用意し、図5右のように、この中空の中に短冊状の試験片を、漢字の「井」の字の形になるよう差し込み配置した状態で測定することがあります。この方式はエプスタイン測定と呼ばれ、JIS C2550Iにおいて電磁鋼板の標準的な磁気測定方法として厳密に規格化されています。

なお、当社は日本適合性認定協会より、電磁鋼板試験[JIS C 2550-1、JIS C 2550-3(富津事業所のみ)、JIS C 2556]に関する高い技術能力を有する「試験所」としての認定を受けています。

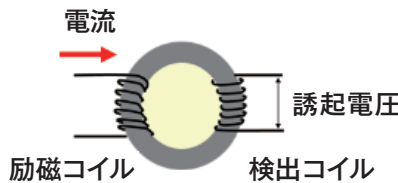


図4 磁気測定の原理

中空ケースの外側に励磁コイルと検出コイルが巻かれている。

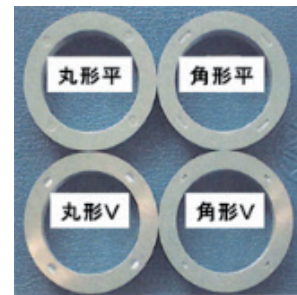


図5 エプスタイン測定枠(左)と試料の挿入方法(右)

### 実際の状態に即した磁気測定

電磁鋼板をモータの鉄心に仕上げる過程で、様々な加工が施されます。鋼板を所定の形に打ち抜く工程、積層してかしめや溶接、接着などにより固定する工程、励磁用の巻き線を施す工程、焼き詰めやネジ等で鉄心を機器に固定する工程などです。電磁鋼板の磁気特性は歪に敏感ですので、加工歪により磁束密度、鉄損が劣化します。より高性能なモータを製造しようとする際に、加工による磁気特性劣化を把握してそれを最小限にする設計が重要です。

以下に、かしめの形状の影響を評価した例を紹介します。このような評価はエプスタイン試験では難しいので、図4のようなリング状の試験体で行います。図6のような4種のかしめ形状で積層締結したリング状試験体を作成し、励磁コイルと検出コイルを巻いて交流磁気測定を行った結果が図7です。角形平かしめでは10%弱鉄損が増加していますが、



他の形状では6%前後の劣化にとどまっています。かしめ部周囲への歪の入り方の違いが影響したものと推定されます。

図6 各種かしめ加工を施したリング状積層試験体1)

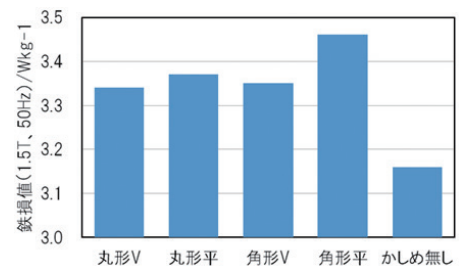


図7 かしめ形状と鉄損1)

### おわりに

JISに基づくエプスタイン測定により、電磁鋼板の磁気特性をきちんと評価することができます。また、リング状試験体を用いた方法や、今回は説明を省略した単板磁気測定を用い、測定上の工夫を施すことにより、実際のモータに即した状態での磁気特性評価が可能となります。

電磁鋼板素材やモータ鉄心の磁気特性についての評価のご希望がございましたら、お気軽にお問い合わせください。また弊社は、電磁鋼板以外の軟磁性材料や、磁石等の高磁性材料の各種評価も行っております。

出典 1) 藤村浩志、屋鋪裕義、児嶋浩、中山大成: 電気学会論文誌A, Vol.135p780 (2015)

### お問い合わせ先

富津事業所  
材料ソリューション部  
強度特性評価室  
山崎 修一  
新井 聡



TEL: 0439-80-2691 FAX: 0439-80-2767  
arai.satoshi.67s@nstec.nipponsteel.com