

鉄系アモルファス磁性材料の含浸硬化処理による影響

日大生産工(院) ○木村祐太 日大生産工 矢澤 翔大 新妻 清純
東静工業株式会社 渡邊 洋

1. まえがき

鉄系アモルファス磁性材料は良好な軟磁性特性であり、結晶磁気異方性エネルギーが限りなくゼロに近いことから高周波特性や鉄損が優れており、キュリー温度も高いことから磁性材料の中で注目されている材料である。しかし、デメリットとして鉄系アモルファス磁性材料は磁歪定数が大きいいため、外部応力を印加した場合に磁気弾性効果によって生ずる誘導磁気異方性エネルギー K_u がその磁気特性を決定する大きな要因になることが知られている。鉄系アモルファス磁性材料はカットコアとして用いる場合、切断加工処理を行う必要がある。この処理を行うためには、切断するコアをばらけさせないために外部応力がかかる含浸硬化処理が必要不可欠である。

これまで含浸硬化処理の外部応力の印加によって、鉄系アモルファス磁性材料の磁気特性に影響を与えていることは報告されている。しかし、含浸硬化処理工程の鉄系アモルファス磁性材料に熱硬化性樹脂がどのような影響を与えているか十分な検討は行われていない。

本研究では、鉄系アモルファス磁性材料のトロイダルコアに及ぼす含浸硬化処理過程の影響を明確化するために、含浸硬化処理過程に対する磁気特性およびB-Hループの波形の変化の比較・検討をした。これについて報告する。

2. 実験概要

2.1 実験方法

試料は鉄系アモルファス磁性材料の薄帯を巻いてトロイダルコア状の巻磁心にして試料を作製している。試料は電気炉（山田電機株式会社製 型番 YF-120-SP）を用いて大気中雰囲気中で熱処理を行った。

次に含浸硬化処理方法について説明する。熱処理した試料を未硬化状態の熱硬化性樹脂A（アクリル系樹脂）に含浸させる。試料を樹脂に含浸処理後、試料の空隙に樹脂を十分に浸漬させるため真空処理を行う。その後、余分な樹

脂を除滴した試料に定温乾燥機（ヤマト科学株式会社 DY-300）を用いて硬化処理を行った。硬化処理工程は実際に熱硬化性樹脂Aが製品として推奨されている条件である硬化処理時間は2時間、硬化処理温度を170℃で行った。樹脂に含浸処理を行った試料の磁気特性を硬化処理開始～硬化処理終了（常温になるまで）まで測定を行った。

2.2 測定方法

測定する試料には1次巻線（銅線：線径1mm）を10ターン、2次巻線（PTFE電線：線形12/0.18）を3ターン巻き、試料を設置して各巻線をB-Hアナライザ（岩崎通信機株式会社, SY-8218）に接続し、磁心損失 P_{cv} 、振幅比透磁率 μ_a 、B-Hループの波形の変化を測定した。磁心損失 P_{cv} 、振幅比透磁率 μ_a の測定条件は周波数 f を200 kHz、最大磁束密度 B_m を100 mTとした。またB-Hループの波形の測定条件は周波数 f を10 Hz、磁場 H_m を1000 A/m印加とした。これらの測定を硬化処理の経過時間に対して10分ごとに行った。

3. 実験結果

Fig.1に硬化処理過程に対する磁心損失 P_{cv} の変化を示す。図より硬化処理過程が終了するときに磁心損失 P_{cv} は最大値となることが確認できる。また硬化処理過程に対する磁心損失 P_{cv} の変化は昇温プロセス（0分～20分）のときに増加し、硬化処理温度を保持している間はあまり変化せず、自然冷却プロセス（140分～400分）のときにまた増加していく傾向であることも確認できる。

Fig.2に硬化処理過程に対する振幅比透磁率 μ_a の変化を示す。図より硬化処理過程の昇温プロセスのときに振幅比透磁率 μ_a は増加し、最大値となることが確認できる。また硬化処理過程に対する振幅比透磁率 μ_a の変化は昇温プロセスのときに一旦増加した後減少し、硬化処理温度を保持している間はあまり変化せず、自然冷却プロセスのときにまた増加していく傾向であることも確認できる。

Effect of Impregnation Hardening Treatment on Ferrous Amorphous Magnetic Materials

Yuta KIMURA, Shota YAZAWA, Kiyozumi NIIZUMA

Fig.3に硬化処理過程に対するB-Hループの波形の変化を示す。硬化処理開始（昇温プロセス開始）のときのB-Hループの波形と昇温プロセス終了のときのB-Hループの波形で残留磁束密度 B_r が大きくなっていることが確認できる。また硬化処理工程の時間が進行するにつれて磁束密度が飽和しづらくなっていることも確認できる。

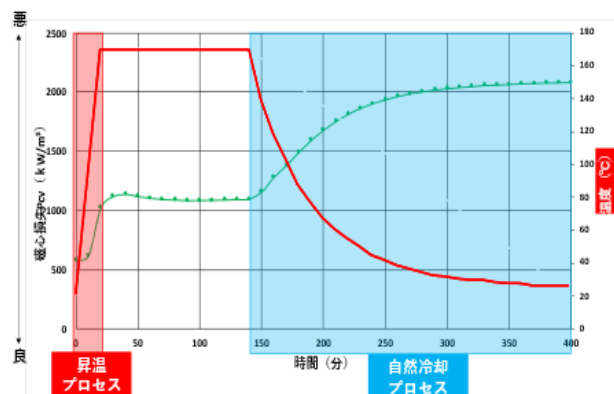


Fig.1 硬化処理過程に対する
磁心損失 P_{cv} の変化

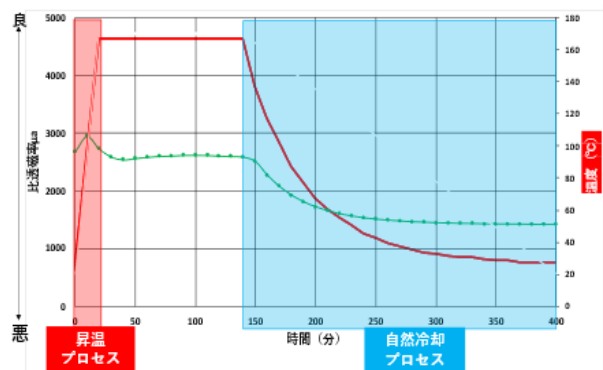


Fig.2 硬化処理過程に対する
振幅比透磁率 μ_a の変化

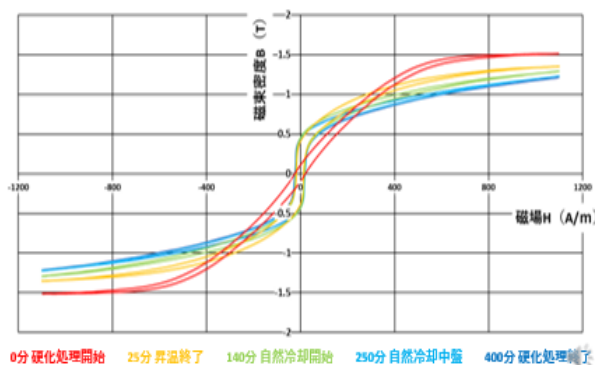


Fig.3 硬化処理過程に対する
B-Hループの波形の変化

4. 考察

鉄系アモルファス磁性材料のトロイダルコアに及ぼす含浸硬化処理過程の影響を明確化

するために含浸硬化処理過程に対する磁気特性およびB-Hループの波形の変化の比較データを用いて考察を行う。

硬化処理過程での樹脂による試料の磁気特性の影響は昇温プロセスのときに樹脂が液体状態からゲル状態へと変化するときの外部応力の印加と自然冷却プロセスのときに樹脂がゲル状態の樹脂から固体状態へと変化するときの樹脂の体積収縮の外部応力の印加が影響を与えていると考えられる。昇温プロセスのときの外部応力印加によって試料の角型比が高くなり（180°磁区の増加）、誘導磁気異方性エネルギー K_u が増加していることが推察できる。この過程は昇温プロセスのときに振幅比透磁率 μ_a が増加し、保磁力 H_c が減少している結果と対応している。また自然冷却プロセスのときの外部応力印加による磁気弾性効果によって誘導磁気異方性エネルギー K_u がさらに増加していることが推察できる。

5. まとめ

本研究では、鉄系アモルファス磁性材料の含浸硬化処理による影響に関して、実験により以下の知見が得られた。

- 1) 硬化処理過程に対する磁気特性の変化は昇温プロセスのときと自然冷却プロセスのときに大きく変化していることが確認できた。
- 2) 昇温プロセス中にB-Hループの波形の残留磁束密度 B_r と振幅比透磁率 μ_a が大きくなることが確認できた。
- 3) 硬化処理工程の時間が進行するにつれて磁気特性は悪化することと磁束密度が飽和しづらくなっていることが確認できた。

参考文献

- 1) 山本 健一,井上 博,斉藤 皓彦,「アモルファスリボンの応力磁化特性における熱処理効果」 p.19-p.25
- 2) 山本 健一,斉藤 皓彦,「アモルファス軟質磁性リボンの応力 - 磁化特性」電学論 A,114 巻 7/8 号,平成 6 年
- 3) 株式会社センテック 中宗 憲一「熱硬化性樹脂の硬化収縮率について」
- 4) 松井 広明,池上 皓三「相変化時における熱硬化性樹脂の粘弾性特性と硬化温度の内部応力に及ぼす影響」日本機械学論文集 62 巻 596 号 p.103-p.110