

めっき法を用いて作製した軟磁性薄帯の磁気特性に与える熱処理の影響

杉原 健太, 幸田 一輝, 江口 和樹, 高嶋 恵佑,
柳井 武志, 中野 正基, 福永 博俊
(長崎大学)

1 はじめに

磁性デバイスの小型化の代表的な手法の一つとして、駆動周波数の増加が挙げられるが、同時にコア材料内のうず電流損失が増加するため、電気抵抗率の増加や板厚の低減などの対策が必要となる。最近我々はめっき法を用いた軟磁性薄帯作製法を提案し、10 μm 以下の薄い薄帯を実現した。この薄帯の交流特性を評価したところ、板厚低減によるうず電流損失の低減効果が確認されたが、更なる低損失化には、ヒステリシス損失の低減が必要である状況であった[1]。めっき法では浴組成やめっき条件によっては膜内に電着応力が残留し、残留応力が薄帯の軟磁気特性に影響を与えることが予測される。本研究では電着応力緩和を目的に熱処理を行い、熱処理が薄帯の磁気特性に与える影響を検討したので、その結果を報告する。

2 実験方法

本研究では、優れた軟磁気特性が期待される $\text{Fe}_{22}\text{Ni}_{78}$ 付近の組成を有する膜を定電流めっき法により作製した。成膜に用いた試薬ならびに浴濃度は、硫酸ニッケル 275 g/L、硫酸鉄 50 g/L、クエン酸 10 g/L、塩化ナトリウム 50 g/L である。この浴に、サッカリンナトリウムを 1.25-7.5 g/L 添加した。陽極には Ni、陰極には Cu を用い、浴温度 50 $^{\circ}\text{C}$ 、電流密度 0.2 A/cm^2 で 5 分間定電流めっきを行った。得られためっき膜を基板から剥がし、薄带状試料を得た。この薄带状試料に真空雰囲気下で 60 分間の熱処理を施した。熱処理前後の薄帯の磁気特性を B-H トレーサにて評価し、熱処理前後の保磁力の変化を評価した。

3 実験

図 1 に、保磁力の熱処理温度依存性を示す。図 1 はサッカリンを 5 g/L とした際の結果である。熱処理温度が 200 $^{\circ}\text{C}$ までは熱処理による保磁力の変化は観測されなかったが、300 $^{\circ}\text{C}$ 付近に熱処理温度を設定すると保磁力の低減が観測された。具体的には、熱処理温度 300 $^{\circ}\text{C}$ の時 10 A/m の保磁力を示した。熱処理温度が 350 $^{\circ}\text{C}$ 以上では保磁力の増加や脆化の進行が観測された。実応用を鑑みると、脆化の進んだ試料は扱いが困難であるため、以後の検討では、熱処理温度 300 $^{\circ}\text{C}$ を用いることにした。

Ni めっきの分野では、サッカリンは応力緩和剤としてめっき浴へ添加されている。すなわち、サッカリン量は膜の電着応力に影響を与えられられる。そこで、電着応力の変化を目的に、サッカリン量を変化させた試料を作製した。その試料に熱処理を施すことで、保磁力と電着応力および熱処理の定性的な関係評価を行った。図 2 に熱処理前後の保磁力のサッカリンナトリウム量依存性を示す。熱処理前の試料に着目すると、サッカリンナトリウム量の増加に伴い、保磁力が減少することが了解される。また、いずれの試料も熱処理

により保磁力が 30 % 程度低減することがわかった。サッカリンナトリウム量を変化させると膜組成が変化することが考えられるが、膜組成はいずれの膜も $\text{Fe}_{23}\text{Ni}_{77}$ 程度であった。すなわち、図 2 の保磁力の変化は組成の変化によるものではない。サッカリン量によらず熱処理による保磁力の減少率がほぼ一定であることを考慮すると

- ① 電着応力の大きさはサッカリン量に依存しない
- ② 電着応力の大きさはサッカリン量によって変化するがもともと磁気歪みの小さな組成であるため保磁力の減少率には差として観測されない
- ③ サッカリンに含まれる硫黄の膜内への取り込み量が増加し、結晶粒径が変化している

などが考えられ、現在これらに関して検討を進めている。

300 $^{\circ}\text{C}$ 程度の熱処理により保磁力が低下したことから、めっき法を用いて作製した薄帯試料においても、アモルファス薄帯などと同様に適度な熱処理は、軟磁気特性の改善に有効な手法の一つであることがわかった。

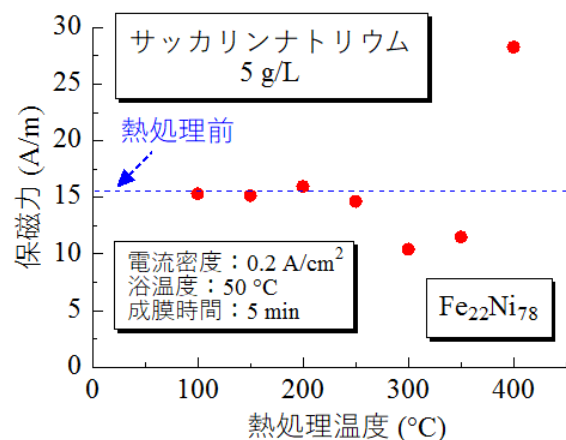


図 1 保磁力の熱処理温度依存性

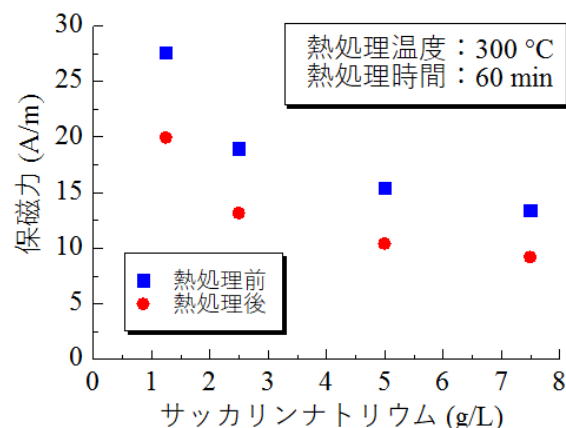


図 2 保磁力分布のサッカリンナトリウム量依存性

文 献

[1] 柳井ら, SEAD28 講演論文集, pp. 498-499 (2016).