
新規微粒子表面修飾法による高効率軟磁性材料の創製

研究代表者 理工学研究部(工学) 西村 克彦

○プロジェクト成果報告

(1)プロジェクトの背景・目的

電気製品や自動車等に組み込まれている電子制御或いは電磁駆動機構には、多数のモーターやトランスが組み込まれている。これらには効率向上のため軟磁性材料が芯に使われる。そのため、軟磁性材料の高性能化或いは高機能化は、機器の省エネルギー化に直結する。さらには部品の利用範囲が広範囲に渡るため、僅かな高性能化であっても全体として長期間にわたりエネルギー効率の改善に寄与できると考えられる。現在は軟磁性材料には価格と性能の面から電磁鋼板が主に利用されている。しかし、近年の機器の高性能化或いは縮小化に伴い、より自由な形状で磁芯を作成したいという要望があることから、現在、軟磁性材料である鉄粉末を圧粉により任意の形状に成型する手法が用いられる。この手法により成型した磁芯（圧粉磁芯）は、成型の自由度は飛躍的に高まるものの、磁芯に求められる特性（高絶縁性や高飽和磁化）に検討の余地が残されており、研究・開発が行われている。特に絶縁性に関して、粉末を絶縁膜で被覆することで絶縁性を向上させる試みが行われている。但し、これらの薄膜は有機物でできており、材料の焼成の際に壊れてしまい、絶縁性が低下する。そこで無機材料による被覆が試みられているが、均一被覆が困難であり、現在でも開発が続いている。

バレルスパッタリング法による粉体微粒子表面への無機材料、主として酸化物、の修飾は、個々の粒子に均一修飾ができることから、上記した圧粉磁芯材料の調製に対して適用できると考えられる。本研究では鉄粉末に SiO_2 等を修飾し、成型・圧粉することで絶縁性の向上を試みる。また、修飾した膜の状態を検討し、耐熱性や磁気特性の評価も行ない、総合的な特性の向上が可能であるかを検討する。

(2)研究成果

原料鉄粉には、JFEスチール株式会社製のアトマイズ鉄粉であるJIP304Aを用いた。この鉄粉は、粉末冶金用純鉄粉で、磁性材料としての用途がある。バレルスパッタリング装置内に、 SiO_2 ターゲット(10cm×5cm×0.5cm)と8角バレルを取り付け、そのバレル内に原料鉄粉を10g秤量し入れた。真空チャンバー内を 7.9×10^{-4} Paまで真空排気した後、Arガスを導入し圧力1.0Paに調整した。その後、RF出力200Wによりスパッタリングを行った。この時、バレルを回転させ、同時にバレルを打刻した。スパッタリング後は、チャンバー内に N_2 ガスを導入して、大気圧にした後で試料を取り出した。この条件において、スパッタリング時間1h, 3h, 6hの3つの試料を調製した。各Fe- SiO_2 試料のSi担持量は、蛍光X線測定により評価した。図1に示すように、Si担持量はスパッタリング時間に比例して単調に増加した。図2は、原料および作製した試料の写真である。スパッタリング時間が6時間(6h、右端)の試料は青色を呈しており、原料鉄粉表面と異なり、表面が修飾されていることが確認できた。

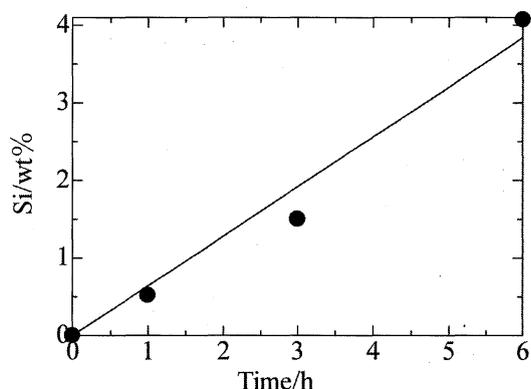


図1 スパッタリング時間とSi担持量の相関

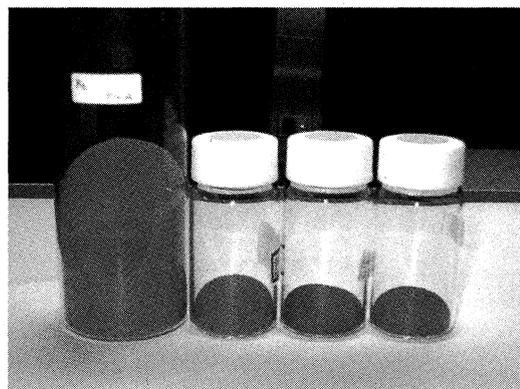


図2 (左から原料、時間1h、3h、6h)

電気抵抗測定のために原料鉄粉及び Fe-SiO₂ 粉末を圧力成形器で圧力をかけてペレットに成形した。更に成形したペレットを石英管に入れて、アルゴンガスフロー中で 500℃、30 分間熱処理を行った。1200MPa で作製した熱処理前と後の試料を用いた電気抵抗率測定結果を表 1 に示す。

表 1 300K における各試料の電気抵抗率。

B. S. 時間 (h)	300K での電気抵抗率 ρ ($\mu \Omega m$)	
	熱処理前	熱処理後
0	41	1.1
1	121	9.5
3	69	3.1
6	98	6.6

(3)プロジェクト成果

SiO₂ を担持させた試料は、いずれも原料鉄粉から作製したペレットよりも高い電気抵抗率を示し、低周波数域で鉄損低減の目安とされる 10 $\mu \Omega m$ をクリアした。また、熱処理後の試料の電気抵抗率は減少し、10 $\mu \Omega m$ を下回った。部分的に粒子間の絶縁性が不完全であったことが原因と考えられるが、詳しくは検討課題である。

(4)プロジェクト成果の応用・効果・構想

バレルスパッタリング法により鉄粉に絶縁被膜を修飾することが可能であることを確認した。SiO₂ は機械的圧縮に弱いいため、ペレット成形の際に破損し、絶縁不良を発生したと思われる。修飾原料を変えて同様の研究を継続することは大変有意義である。

(5)利用施設

極限環境先進材料評価システムにより、超伝導複合材料や磁気熱材料の特性評価を行っている。作業は、週平均 3 日、年間 90 日程度である。