



ラジアル配向した熱間加工希土類リング磁石の 測定部位による格子定数の変化と残留応力

岩崎 亘, 楠 的生
株式会社 ダイドー電子

キーワード : 希土類磁石, 熱間加工異方性希土類磁石, 格子定数, 残留応力

1. 背景と研究目的

希土類磁石は高い残留磁束密度と高温環境における高い保磁力を活かして、F A(Factory Automation)用駆動モーターや、車載用モーターに幅広く採用されている。今後、小型軽量化が進む一方で、モーターの高速回転化により遠心力が大きくなり磁石の強度が不足すると、使用中の割れ発生が問題になってくる。そこで、残留応力を測定し、強度への影響を検討すべく調査を行った。

異方性希土類磁石は製造工程により、焼結希土類磁石と熱間加工希土類磁石の大きく2つに分類される。過去にラジアル配向焼結希土類リング磁石の残留応力については報告されているが[1]、熱間加工希土類磁石についての報告は見あたらない。残留応力の測定と同時に、格子定数についても評価を実施し、格子定数と残留応力の関係を調査した。

2. 実験内容

塗装前の製品(外径 23 mm×内径 17 mm×長さ 29 mm)から、ワイヤー放電加工により長さ方向に3分割して中央部より、外径 23 mm×内径 17 mm×長さ 9.5 mmのリングサンプルを得た。放電加工劣化層は機械研磨により除去し、一部を電解研磨して測定部位とした。

リングサンプル調製時の残りを、鉄製乳鉢で粉碎、分級して 75 μm 以下の粉末サンプルを得た。

格子定数は以下の手順で測定した。1) BL8S1にて放射光(波長 1.35 \AA)回折ピークを測定(測定範囲 10-100 deg、検出器 PILATUS、試料台 X-Y 駆動ステージ)。2) 得られたピークデータ(2次元)に対し、10.5-100 deg.の範囲で1次元化処理を実施。3) 1次元化したデータを基にW P P Fによって精密化計算を実施(実施範囲 11-70 deg.)。4) 精密化計算により得られたデータから格子定数を算出。

残留応力は以下の手順で測定した。1) BL8S1にて放射光(波長 1.35 \AA)回折ピークを測定(測定範囲 75.0-75.7 deg、検出器 PILATUS、試料台 傾動ステージ(X-Y 駆動はないため径方向厚み中央部を測定)、傾斜条件(ϕ 角)6水準)。2) 放射光入射向きを、周方向と径方向の2方向で実施。3) \sin^2 法により残留応力を算出。

3. 結果

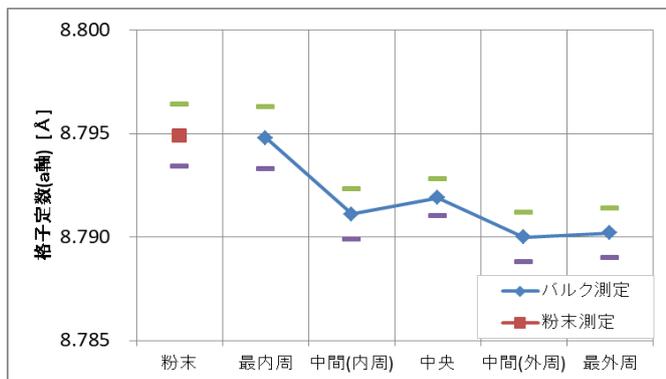


Fig.2 格子定数 (a 軸) 測定結果

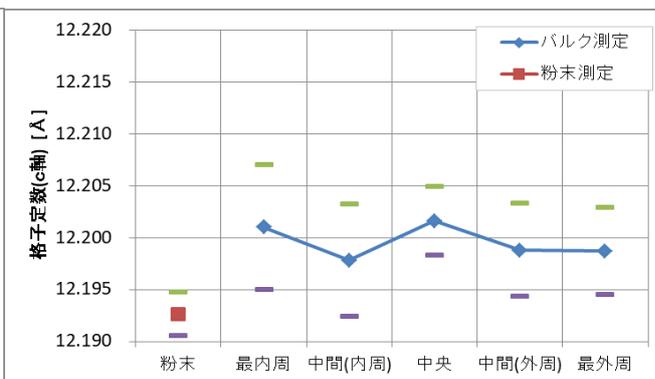


Fig.3 格子定数 (c 軸) 測定結果

格子定数の測定結果を Fig.2,3 に示す。a 軸の格子定数は、リング厚み方向の最内周部と粉末サンプルの結果が同程度であり、最内周部から最外周部へ向けて縮小する傾向が観察された (Fig.2)。c 軸の格子定数は、リング厚み方向では測定部位に因らず格子の伸びが観察された (Fig.3)。

残留応力の測定結果を Fig.4 に示す。周方向の残留応力はほぼゼロで、径方向は 137 MPa の圧縮応力を示した。このことは、周方向(a 軸)の結晶格子はほぼ変化していないか僅かに縮み、径方向(c 軸)の結晶格子は大きく縮んでいると解釈できる。

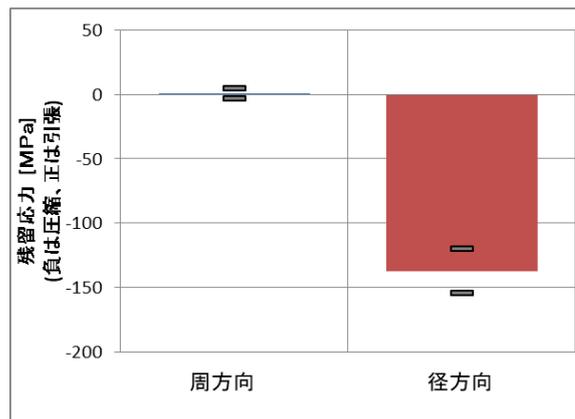


Fig.4 残留応力測定結果

4. 考察

ラジアル配向した熱間加工希土類リング磁石の格子定数の測定結果から、a 軸の縮小と c 軸の伸びが観察されたが、残留応力の測定結果は、周方向(a 軸)の結晶格子はほぼ変化していないか僅かに縮み、径方向(c 軸)の結晶格子は大きく縮んでいるという解釈を示しており、a,c 軸の格子定数の変化が一致しない。

今回の格子定数測定は、リング端面に周方向から放射光を入射し、得られた回折波形を用いて WPPF 法により算出している。この場合、 θ 走査断面は Fig.5(右)の様になり、完全に配向していたならば、c 軸を含む回折波は得られないことになる。しかしながら、現実には配向していない格子が一定数存在しているため、c 軸を含む格子面からも回折波が得られており、格子定数の算出に寄与しているものと考えられる。

今回得られた格子定数は、ラジアル方向に配向していない格子の影響を強く受けているものと思われるので、リング周面にて格子定数の測定を行い、残留応力の測定結果との整合を確認する予定である。

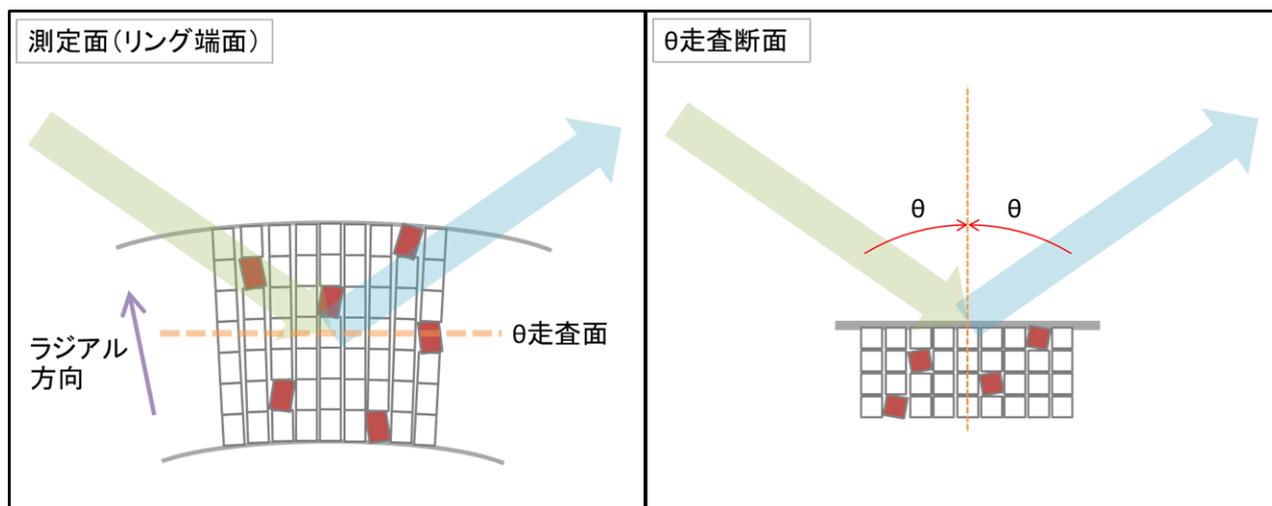


Fig.5 格子定数の測定面 (模式図)

5. 参考文献

1. 石本 史雄、山本 憲司、高橋 渉、「異方性ラジアルリングの焼結割れ挙動」、粉体および粉末冶金、第43巻7号 940(1996)