LTS-SQUID Gradiometer による銅サンプルの残留磁場計測

Measurement of residual field in a copper sample using a LTS-SQUID gradiometer

金沢工大電子研 0河合 淳,河端美樹,足立善昭,上原 弦

Applied Electronics Lab. KIT, [°]Jun Kawai, Miki Kawabata, Yoshiaki Adachi, Gen Uehara

E-mail: j-kawai@neptune.kanazawa-it.ac.jp

これまで SQUID を利用した非破壊検査に関する応用開発が広く行われているが、最近は食品や 太陽電池などに含まれる磁性不純物や欠陥を検出する試みが HTS-SQUID を中心に展開されてきて いる。[1][2]

今回我々は、銅製品に含まれる微量な磁性不純物の分布を計測することを目的として、 LTS-SQUID グラジオメータと XY ステージを組み合わせた計測システムを試作したので、その特性 や計測結果について報告する。

使用した SQUID は磁束伝達方式の平面型グラジオメータで、検出面積は 1.5mm×1.5mm、ベース ラインが 3mm、チップサイズは 5mm□である。このチップをクライオスタットの先端に配置し、磁 場の z 成分の差分を計測できるようにした。クライオスタットは、リザーバー部分がアルミ製で、 先端部は FRP 製である。先端部の断熱層の厚さは 0.5mm で、SQUID とクライオスタット底面まで の距離は 2mm とした。尚、液体ヘリウムの消費量を減らすために、計測しないときには断熱層の 厚さを 5mm に伸ばせるようにしている。液体ヘリウムの容量は約 9L で、断熱層を 0.5mm にセット した場合には約 6時間の計測が可能である。このクライオスタットの下に XY テーブルをセットし、 サンプルをスキャンできるようにした。 XY テーブルはセラミック製で、駆動部以外は極力非磁性 材料で構成されている。駆動部からのノイズの影響は皆無ではないが、SQUID からの距離を遠ざ けることで有意な計測が可能なレベルまで低減した。また、自動でのスキャン範囲は±48mm で、 スキャン速度は 3mm/s とした。SQUID グラジオメータは非変調型の FLL で動作させ、ロック時の 直流オフセットは外部電源からフィードバックコイルを通じてキャンセルしている。信号帯域は FLL の後ろに入れたローパスフィルタによって DC~6Hz に制限した。

図1に市販の銅板(50mm×50mm×t10mm)をX方向に3mmピッチで移動させながらY方向ヘスキャンした際の磁場分布を銅板の写真上に重ねて表示した。計測はz方向の残留磁場が約24nTの磁気シールドルーム内で行い、銅板表面とクライオスタットの距離は1mmである。図中、右上から

左下にかけて磁場が縞状に交互に分 布していることがわかる。これは、表 面が研磨してあるとはいえ、銅板を切 断した際に混入した裁断機(電動鋸) の不純物が表面にまだ残っているこ とを示している。

今後は、直流/交流磁場の印可も組 み合わせ、銅製品中における高感度な 微量磁性不純物分析への応用を進め る予定である。

[1] S.Tanaka et al., IEEE Trans. Appl.
Supercond., Vol. 19, pp. 882-885 (2009)
[2] T. Kiwa et al., Physica C, Vol. 471, pp. 1238-1241 (2011)



図 1 銅板(t=10mm)のスキャン結果 ※磁場分布を銅板の写真の上に重ね合わせている