

雑音の小さな渦電流探傷プラスプローブによる溶接部の渦電流探傷試験

星川 洋、小山 潔（電気電子工学科）

1. はじめに

ハイテク・リサーチ・センターで研究開発した雑音の小さな渦電流探傷プラスプローブ（以下、プラスプローブ）^{1,2)}を用いた溶接部の渦電流探傷について報告する。

石油備蓄タンクなどの構造物の溶接部に対してその安全性を確保するために定期的な保守検査が行われている。従来の溶接部表面の検査法では、溶接部に防錆のための塗装がされている場合には塗装を剥がしてから検査を行う必要があるため検査時間を要する問題がある。一方、電磁誘導を利用した渦電流探傷試験を溶接部の検査に適用できれば、非接触で検査が行えるので塗装の上から探傷ができ高速度探傷のため検査時間の短縮ができる。しかし、従来のプローブを溶接部の検査に適用すると溶接部の余盛りや母材部との電磁気特性の変化による雑音が大きく小さなきずの検出が困難であるので、雑音の小さなプローブが必要である。筆者らがハイテク・リサーチ・センターの研究成果の一つとして開発した雑音の小さなプラスプローブを用いれば溶接部雑音小さく、溶接部表面の探傷を行えることが期待できる。その実験結果について報告する。

2. プラスプローブによる溶接部の渦電流探傷試験

プラスプローブは、図1に示すように矩形縦置ききの励磁コイルと励磁コイル巻線方向と直交してその中央両側に配置した矩形縦置ききの2つの検出コイルから構成される。2つの検出コイルは差動検出するように接続されている。図2に示すように試験体にきずがない場合には、検出コイル近傍にはその巻線と同方向の渦電流が流れないので、検出コイルには起電力が発生せず信号は発生しない。一方、図3(a)に示すように励磁コイル巻線と直交方向にきずがある場合には渦電流はきずに沿って流れる。このきずに沿って流れた渦電流の検出コイル巻線と平行方向の渦電流成分により検出コイルに起電力が発生しきず信号が得られる。しかし、図3(b)に示すようにき

ずが検出コイルの下に位置した場合にはきずの両側においてきずに沿って流れる渦電流が逆向きであるので検出コイルには起電力が発生せず、きず信号は得られない。

この様にプラスプローブでは、励磁コイル巻線と直交方向のきずを感度高く検出するので、溶接部におけるきずの向きに応じてプラスプローブの向きを変えて探傷を行う必要がある。溶接部におけるきず

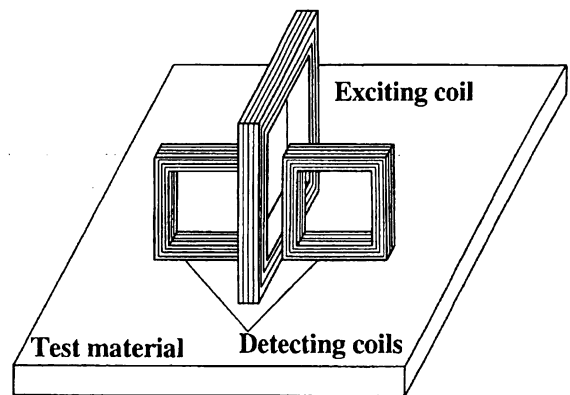


図1 プラスプローブの構造

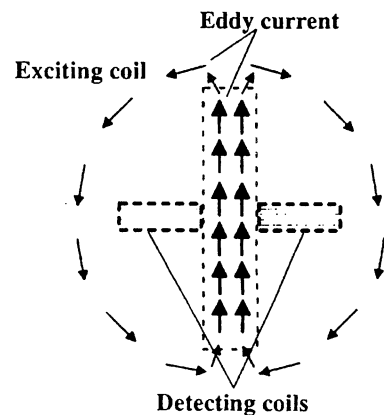


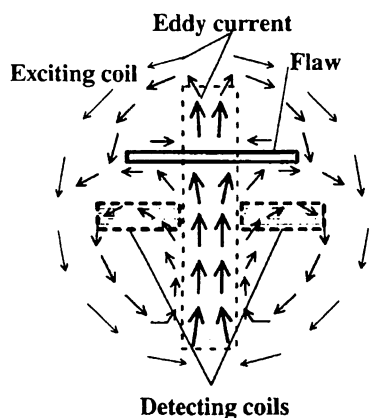
図2 きずがない場合の試験体に誘導される渦電流

の向きに対してプラスプローブを適切な向きにして走査探傷することにより溶接部雑音小さくきず検出が行える³⁾。

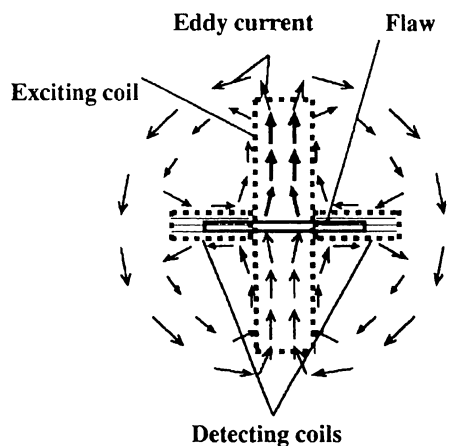
3. 実験方法

プラスプローブの励磁コイルの寸法は、長さ19mm 高さ19mm 巻線断面積 $2 \times 2 \text{mm}^2$ であり、検出コイルの寸法は、長さ7mm 高さ9mm 巻線断面積 $1 \times 1 \text{mm}^2$ である。試験体として SM490A の鋼板を突き合わせ溶接されたものを用いた。溶接部の幅は18mm であり余盛り高さは2mm 程ある。図4(a)に示すように溶接部に対して垂直なきず（以下、横きず）を深さ1, 2, 3mm と変えて放電加工した。また、図4

(b)に示すように深さ2mm の溶接部に対して平行なきず（以下、縦きず）を溶接部に対する位置を変えて放電加工した。何れもきずの長さ10mm 幅0.2mm である。溶接部とプローブとの間に非導電性のアクリルシートを挟み2mm の距離（リフトオフ）を保って図4に示すように、横きずに対してはプラスプローブを溶接部と平行に置き、縦きずに対してはプラスプローブを溶接部と垂直に置いて溶接部に対して平行に走査した。試験周波数は種々実験を行ったが今回は100kHz とした。

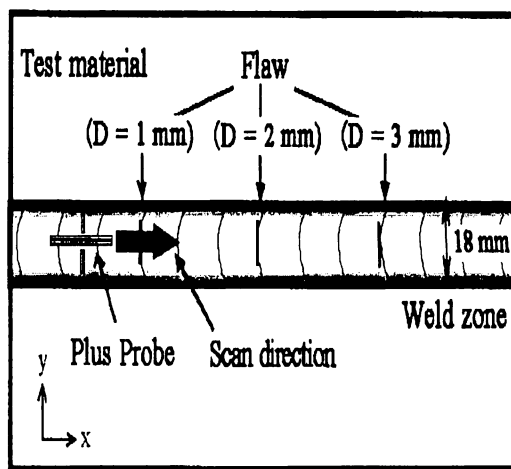


(a) きずが検出コイル上方に位置した場合

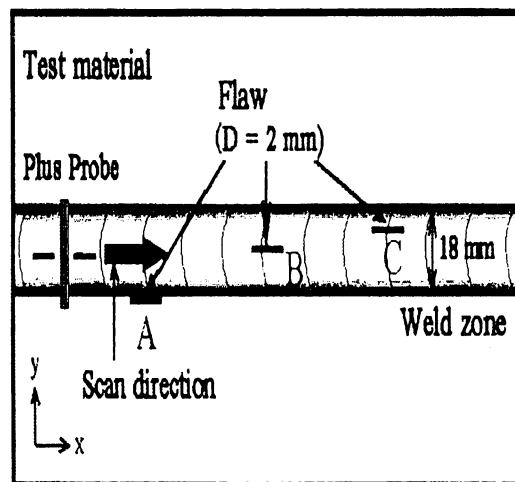


(b) きずが検出コイル下に位置した場合

図3 試験体に誘導される渦電流ときず検出原理



(a) 溶接部に垂直なきず（横きず）の場合



(b) 溶接部に平行なきず（縦きず）の場合

図4 試験体及び横きずと縦きずを検出するためのプローブの走査方向

4. 実験結果

図5には、深さ2mmの横きずに対してプラスプローブをxy方向にそれぞれきずを中心に±40mmの範囲を2次元に走査したときの探傷信号を示す。渦電流探傷試験では、励磁コイル電流に対して同相の信号(In-phase component)と90°進相の信号(Quadrature component)で得られるが、図では90°進相の信号を示す。図に示すように溶接部はx軸と平行している。図より、明瞭なきず信号が得れていることがわかる。図6には、きずの上をプローブを走査して得られたきず信号ときずのない位置を走査して得られた溶接部による雑音を示す。きず信号と溶接部による

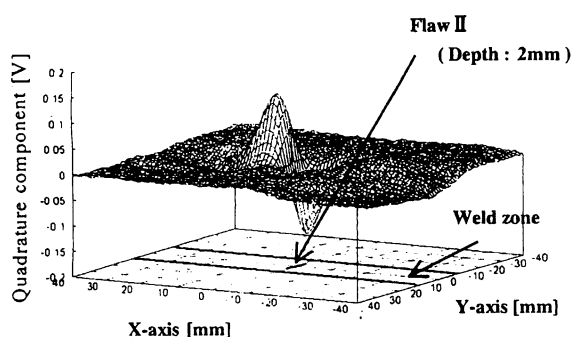


図5 プローブを溶接部に対して平行に位置して走査したときのきず信号と溶接部雑音

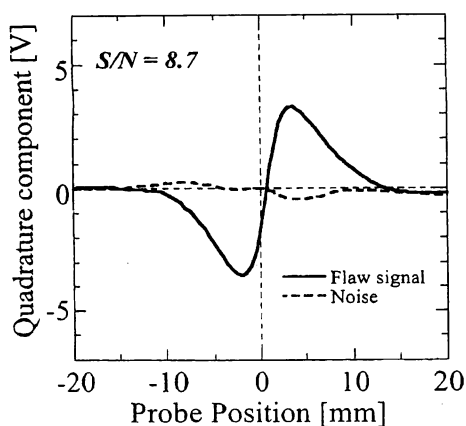


図6 プローブ位置に対する横きずの信号

る雑音の比は、約8.2と非常に高くきず検出が行えていることがわかる。

図7には、溶接部中央の位置の縦きずに対してプラスプローブをxy方向にそれぞれきずを中心に±40mmの範囲を2次元に走査したときの探傷信号を示す。図よりプラスプローブを溶接線に対して垂直に位置した場合には、溶接部による大きな雑音が発生することがわかるが、プローブは溶接線に平行に走査して探傷するので、図におけるx軸方向に信号をみると信号の変動が小さいことがわかる。図8には、きずから4.5mm離れた位置を走査して得られたプローブ位置に対するきず信号を示す。溶接部に対して平行に走査することにより溶接部雑音小さく

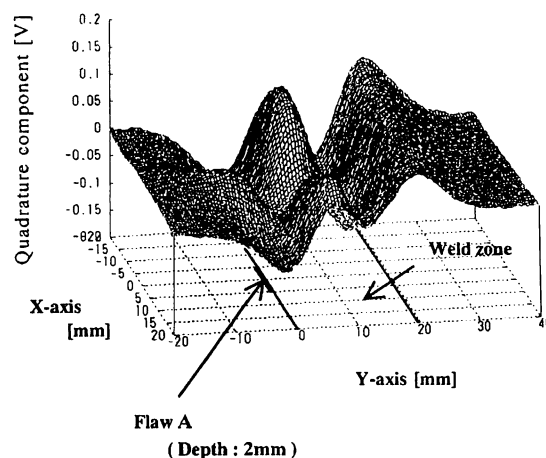


図7 プローブを溶接部に対して垂直に位置して走査したときのきず信号と溶接部雑音

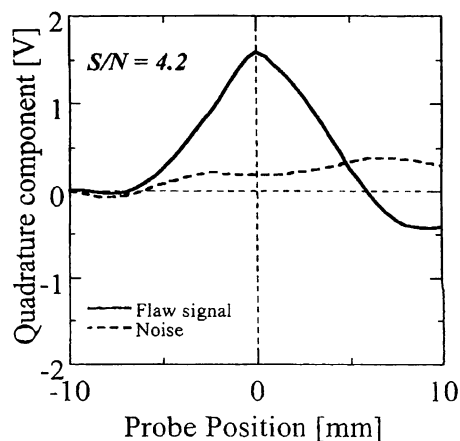


図8 プローブ位置に対する縦きずの信号

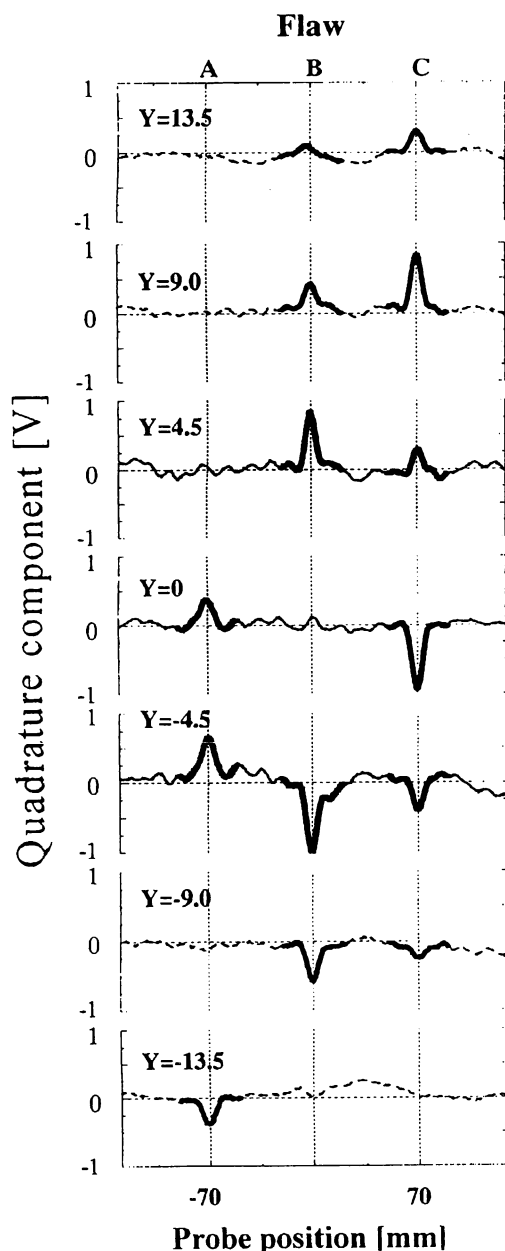
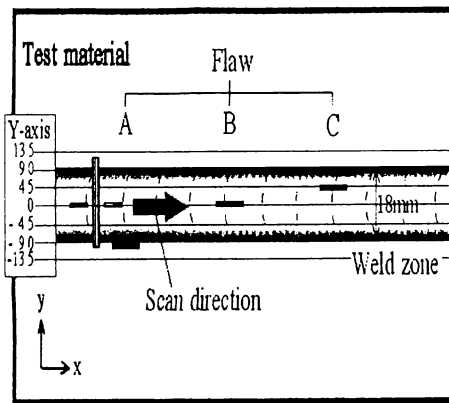


図9 プローブの位置を変えて走査して得られた縦きずの信号

ず検出が行えることがわかる。その時のSN比は4.2であった。図9には、溶接部中央とその上方に3箇所、下方に3箇所4.5mm間隔で7回走査して得られたプローブ位置に対するきず信号を示す。溶接部に対して平行に複数回走査することにより溶接部上の任意の位置の縦きずを溶接部雑音小さく検出できていることがわかる。

5. まとめ

雑音の小さなプラスプローブによる溶接部に対する渦電流探傷について検討を行い以下の知見を得た。

- (1) プラスプローブを溶接部に対して平行として溶接部上を走査すれば横きずを1度の走査で溶接部雑音小さく検出できる。
- (2) 溶接部の縦きずに対しては、プラスプローブを溶接部に対して垂直に位置して溶接部上を平行に走査すれば溶接部雑音小さくきず検出が行える。その際、走査位置を変えて溶接部の幅に応じた適切な回数走査する必要がある。

今回は、きずの長さや幅、プローブ寸法、試験周波数などを一定で行ったが、今後、プローブ寸法を変えた場合など種々検討する予定である。

参考文献

- 1) 星川洋, 小山潔: きず深さの評価を目指したリフトオフ雑音が小さい渦流探傷上置プローブの提案, 非破壊検査, Vol.53, No.5, pp.288-293(2004)
- 2) 星川洋, 小山潔: 渦流探傷及び電磁誘導式電位差法による亀裂の推定, ハイテク・リサーチ・センター平成15年度研究報告書, pp.1-531-56(2003)
- 3) H.Hoshikawa, K.Koyama and K.Mizoguchi: Eddy Current Non-Destructive Surface Testing of Weld Coated with Anticorrosion Painting, Journal of the International Institute of Welding, Vol.49, No.7/8, pp.28-32(2005)