

厚肉試験体きず検出のための回転渦電流を用いたプローブの検討

日大生産工（院） ○伊藤和彦
日大生産工 小山 潔 星川 洋

1. まえがき

構造物を安全に長期に渡って使用するという事は、資源は無限ではないことを考えると、非常に大切である。昨今、構造物の検査が重要であるという事を再認識する出来事が立て続けに起こり、構造物の検査非破壊検査が注目されている。非破壊検査の中に渦電流を用いた検査法があり、本研究では、厚肉試験体の深いきず検出、評価を目的としている。

近年の研究により、試験体深部のきずを検出する渦電流探傷プローブが開発されている¹⁾。しかし、この厚肉材の深いきずを検出するプローブは、走査方向に対してきずの向きが垂直の場合、検出が困難になってしまう。そこで今回は、あらゆる方向のきずを検出するために、このプローブに改良を加え、回転渦電流を用いたプローブの提案を行った。

2. 渦電流探傷

交流電流を流したコイルの交流磁界が導電性試験体に鎖交すると、電磁誘導によって試験体に渦電流が誘導される。渦電流は閉ループを描くように流れるので、試験体にきずがあると、誘導された渦電流は、きずを避けて流れ

る。励磁コイルに高調波を使用すると、避けて流れた渦電流は、コイルのインピーダンス変化として検出される。渦電流を用いた探傷法は、非接触で高速度に探傷可能という特徴を持ち、試験体の表面近傍のきずの検出に多く用いられる。しかしながら、表皮効果の影響で、渦電流が試験体深くまで誘導されないので、深いきずの評価を行うことは困難である。

3. 厚肉材の深いきず検出原理

前述の様に厚肉試験体に発生した深いきずは、誘導された渦電流が深部に行くほど減衰するため、評価が困難である。表皮効果の影響で、渦電流が、試験体表面に集中して流れるので、同じ強さの渦電流を逆向きに重ね合わせる。同じ強さの渦電流を重ね合わせることで、試験体の渦電流が打ち消され、励磁電流を同方向に流した場合に比べて試験体深部への減衰の度合いが小さくなる。しかし、このままでは、試験体表面の渦電流は打ち消されるが、試験体深部の渦電流まで打ち消してしまう。そのため、重ね合わせる渦電流の減衰の程度を変える必要がある。渦電流探傷試験では、励磁コイルからの距離によって減衰の様子が違うという

Flaw Detection of Thick Metal by using Rotating Eddy Current Probe

Kazuhiko ITO, Kiyoshi KOYAMA and Hiroshi HOSHIKAWA

特徴を持つので、2つの励磁コイルを同軸に置き、逆向きの励磁電流を流す事により、表面上の渦電流が小さく減衰も緩やかな渦電流分布が得られる。

4. 回転渦電流プローブ

図1に厚肉材探傷用回転渦電流プローブの構造を示す。プローブは4つの矩形励磁コイル(Outside Exciting Coil1、Inside Exciting Coil1、Outside Exciting Coil2、Inside Exciting Coil2)と中央に配置された円形検出コイルにより構成される。図1のプローブの直交配置された励磁コイルどうしに互いに90°位相の異なる交流電流を流す。すると、図2に示すような時間的に方向が回転する渦電流が発生する。

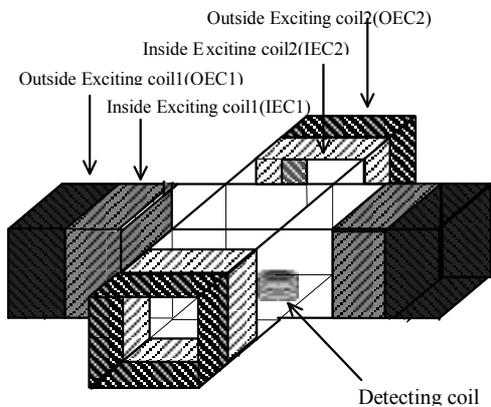


図1 厚肉材探傷用回転渦電流プローブ

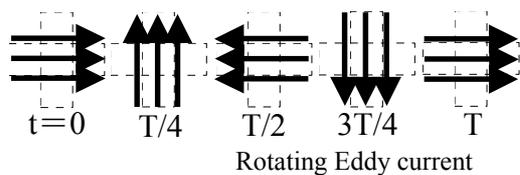


図2 回転渦電流

5. 実験方法及び実験条件

試験体として厚さ25mmのSUS316Lを用いた。この試験体の中央にスリット状のきずを放電加工し、そのきずを0.5mm、長さを40mm、深さを10,12,15,20mmとした。1つの励磁コイルの寸法は、長さを10mm、幅30mm、高さ30mmであり、外側と内側2組の励磁コイルが十字に組み合わされている。検出コイルは直径6mm、巻き線断面積1×1である。試験周波数は10kHzとした。図3にプローブの走査位置を示す。回転渦電流プローブの特性を得る為、走査方向に対し、きずの角度が0°の場合と90°の場合において走査を行った。きず角度0°の場合は、きずの中心を通る0mmの位置を走査し、きず角度90°の場合は、きずの上端部である+20mmの位置と下端部である-20mmの位置を走査した。

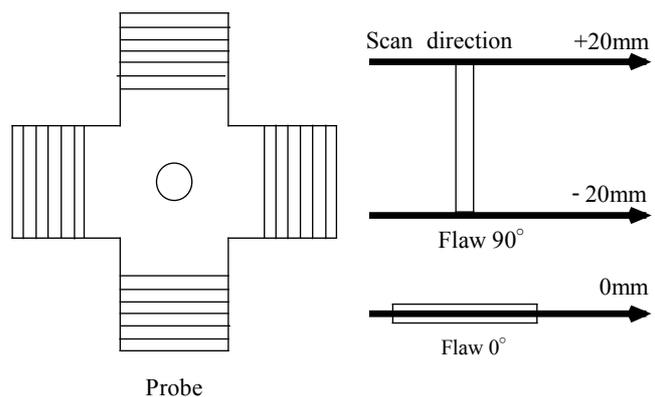


図3 プローブの走査位置

6. 実験結果

図 4 に回転渦電流を用いた厚肉材探傷プローブを走査方向に対してきずの角度が 0° の場合の実験結果を示す。(a) は、OEC と IEC に同方向に励磁電流を流した場合の結果である。励磁電流を同方向に流した場合、きずの深さが変化しても、検出される信号の振幅、位相共に変化の程度はほとんど見られない。これは、励磁電流を同方向に流したため、試験体に誘導された渦電流が試験体表面にて最大となったためである。(b) は OEC と IEC に逆方向に励磁電流を流した場合の結果である。励磁電流を逆方向に流した場合では、きずの深さが変化した場合、きずに応じた振幅が検出され、位相もきずが深くなるにつれて遅れていっているのがわかる。

図 5 に回転渦電流を用いた厚肉材探傷用渦電流プローブを走査方向に対してきずの角度が 90° の場合の実験結果を示す。(a) は OEC と IEC に同方向に励磁電流を流した場合の結果である。励磁電流を同方向に流した場合、きずの深さが変化しても、検出される信号の振幅、位相共に変化の程度はやはりほとんど見られない。(b) は OEC と IEC に逆方向に励磁電流を流した場合である。励磁電流を逆方向に流した場合では、きずの深さが変化した場合、きずに応じた振幅が得られ、位相もきずが深くなるにつれて遅れていっているのがわかる。

図 6 に回転渦電流を用いた厚肉材探傷用プローブを走査方向に対してきずの角度が 0° の場合の正規化信号振幅を示す。(a) は正規化した信号振幅である。OEC と IEC に同方向の電流を流した場合、試験体に加工したきずの最大

と最小を比較しても 1.25 倍程度の変化しかみられないが、OEC と IEC に逆方向に励磁電流を流した場合、2 倍程度の信号の変化が確認できる。(b) は、信号

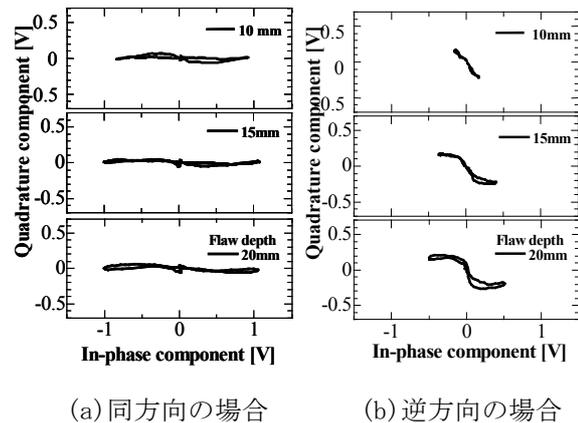
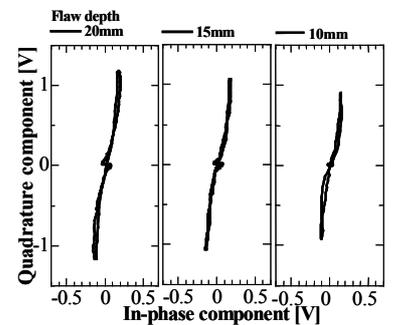
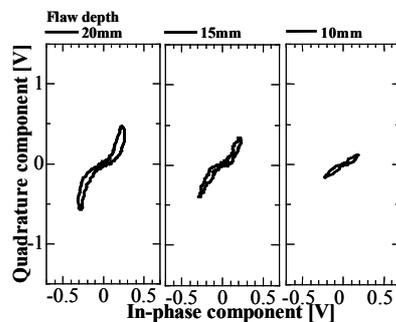


図4 きず信号パターン
(きずの角度 0°)



(a) 同方向の場合

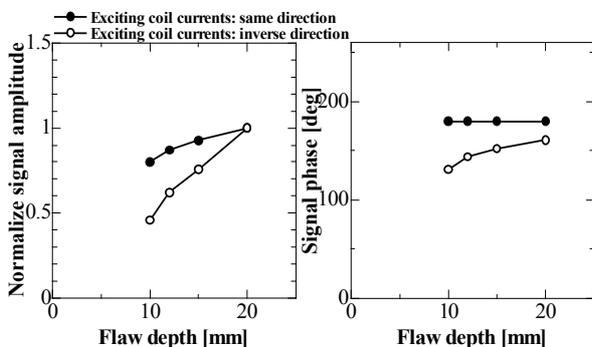


(b) 逆方向の場合

図5 きず信号パターン
(きずの角度 90°)

位相である。OEC と IEC に同方向に励磁電流を流した場合、きず深さが変化しても、位相の値はほぼ一定の値を示しているが、OEC と IEC に逆方向に励磁電流を流した場合、きず深さが変化した場合、信号の位相は変化し、きずが深くなるにつれて位相は遅れているのがわかる。

図 7 に回転渦電流を用いた厚肉材探傷用プローブを走査方向に対してきずの角度が 90° の場合の正規化信号振幅と信号位相を示す。(a)は正規化した信号振幅である。OEC と IEC に同方向に励磁電流を流した場合、こちらも 0° の場合と同様に、1.25 倍程度の信号の変化しかみられないが、OEC と IEC に逆方向に励磁電流を流した場合、2 倍程度の信号の変化が確認できる。(b)は信号位相である。こちらも同様に、OEC と IEC に同方向に励磁電流を流した場合、きず深さが変化しても位相の値はほぼ一定を示しているが、OEC と IEC に逆方向に励磁電流を流した場合、きず深さが変化すると、信号の位相が変化していることがわかる。



(a) 正規化信号振幅

(b) 信号位相

図6 正規化信号振幅及び位相

(きず角度 0°)

7. まとめ

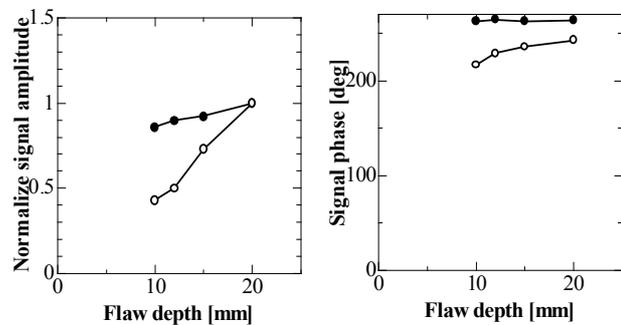
厚肉試験体の深いきずに対し、回転渦電流を用いたプローブを提案し、探傷試験を行った。その結果、以下の知見を得た。

- (1) 回転渦電流を用いたプローブを使って探傷試験を行う事で、従来信号検出が困難であった走査方向に対してきずが垂直になった場合のきず検出が可能になり、さらに深さ評価もできていることから、一定の走査方向で、様々な角度のきず深さ評価ができる可能性があることがわかった。
- (2) 図 6 と図 7 の位相から、きずの深さの変化からの信号位相はほぼ同じでありながら、 90° の位相差が見てとれる。このことから、探傷信号からきずの向きが認識できる可能性があることがわかった。

今後としては、きず長さが変わった場合、リフトオフ変化の影響など更なる検討を行う予定である。

参考文献

- 1)ラディスラブヤノーセック、陳振茂、遊佐訓孝、宮健三：厚肉材に渦電流探傷法を適用するための新しい励磁手法の提唱、非破壊検査、54巻4号、pp206-211(2005)



(a) 正規化信号振幅

(b) 信号位相

図7 正規化信号振幅及び位相

(きず角度 90°)