

マルチ化検出コイル渦電流探傷プローブによる きず検出と評価の検討

日大生産工（院） ○蓑島 亮介 日大生産工 小山 潔

1. まえがき

渦電流探傷試験に用いられる試験コイルは、試験体内に渦電流を誘導するための磁束を発生するとともに、きずによる渦電流の変化を検出する。よって試験コイルは、試験体内のきずの検出における感度や分解能などの検出特性に大きな影響を与える。したがって、試験コイルは渦電流探傷試験装置の中で最も重要な構成要素の一つである。

試験コイルには自己比較方式や単一方式等の使用方式が複数存在する。自己比較方式とは二つの試験コイルを試験体の隣接した部分に併置する方式である。二つのコイルの応答の差からきずを検出することが出来る。この方式では、試験コイルと試験体との相対位置の変化や、試験体の材質及び形状等などの試験体における変化による影響を抑圧することが出来るという利点がある。一方、試験コイルの走査方向に一樣な試験体の変化の検出が困難という欠点がある。単一方式とは一つのコイルのみを用いて試験する方式である。この方式では、試験体における絶対的な変化の測定に適している。一方、試験コイルと試験体との相対位置の変化や、試験体の材質及び形状等などの試験体における変化による影響を受ける。

以上のことから例えば、製造ライン工程で渦電流探傷試験を採用する場合、金属製品の高速な搬送に伴う振動から、試験コイルと試験体との距離が変化するため従来の単一の試験コイルでは相対距離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。また相対距離の変化を抑えるために試験コイルを2個併置し差動コイルとしたプローブが適用されるが、製造ライン方向に長さをもつスリットきずに対しては検出が困難である。

2. 提案手法

そこで、ライン方向に長さをもつスリットきずを検出する方法としてマルチ検出コイル渦電流探傷プローブを用いた探傷方法がある。マルチ検出コイル渦電流探傷プローブは、長方形

の1つの励磁コイルと励磁コイルの長辺に垂直に配置された矩形縦置き複数のマルチ検出コイルから構成されている。従前のプローブは、検出コイルがライン方向と平行となるようにプローブを設置して、金属製品表面の探傷を行う^①。しかし、従前のマルチ検出コイル渦電流探傷プローブでは「ライン方向に長さをもつスリットきず」は検出可能だが、「ライン方向に垂直なスリットきず」に対しては検出が困難である。

そこで、プローブをライン方向に対して45°傾けることで、ライン方向に平行及び垂直なスリットきずの検出を可能にした。Fig.1はマルチ化検出コイル渦電流探傷プローブの構造、Fig.2は、きずがライン方向に平行な場合のマルチ化検出コイル渦電流探傷プローブ内部の電流の流れ、Fig.3はきずがライン方向に垂直な場合のマルチ化検出コイル渦電流探傷プローブ内部の電流の流れを示している。今回はこのライン方向に対して45°傾けたマルチ化検出コイル渦電流探傷プローブを用いて検出したきず信号をNNC(ニューラルネットワークコンソール)に評価・学習させ、基礎的検討を行う。Fig.4は検討を行う際に用いたNNCの構造を示している。

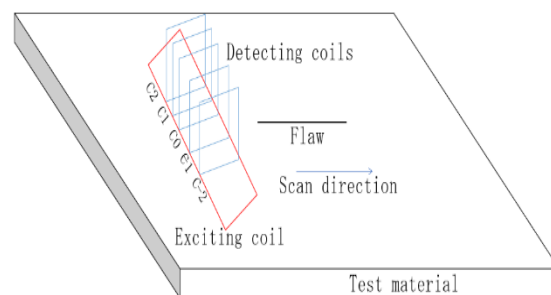


Fig. 1 マルチ化検出コイル渦電流探傷プローブの構造

Inverstigation of flaw detection and evaluation of multi-detection coil eddy current probe

Ryosuke MINOSHIMA and Kiyoshi KOYAMA

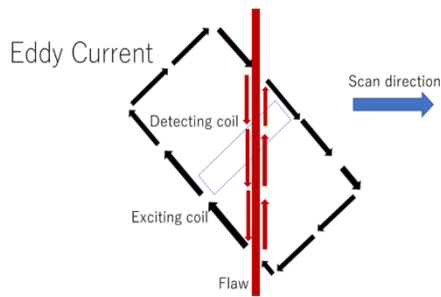


Fig. 3 きずがライン方向に垂直な場合

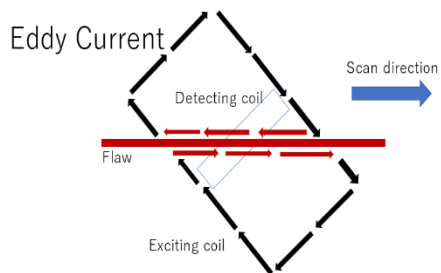


Fig. 2 きずがライン方向に平行な場合

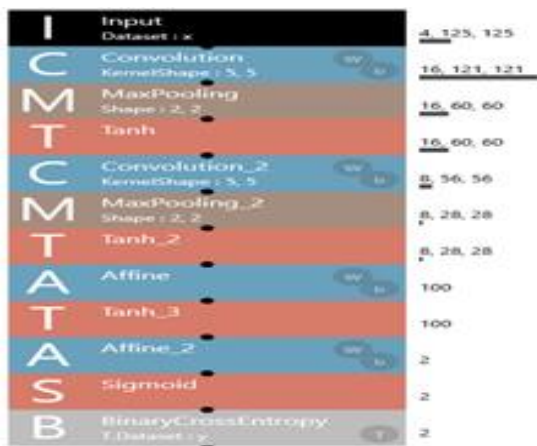


Fig. 4NNC の構造

3. 実験方法および測定方法

マルチ検出コイル渦電流探傷プローブによって得られたきず信号よりNNCを利用したきず評価結果の基礎的検討として、実験ではきず信号を疑似カラー画像に変換し学習・評価を行った。また実験では、検出コイルがきずの真上を通った場合の検出信号をyp00とし、yp00～50 (0.0～5.0mm) まで0.5mmごとにプローブを走査方向に対し垂直方向にずらして検出した垂直きずと平行きずの信号を使用する。プローブの励磁コイルの寸法は、長辺が70mmで短辺が

9mm、巻線断面積 $1 \times 1 \text{mm}^2$ であり、検出コイルの寸法は、幅7mmで高さ10mm、巻線断面積 $1 \times 1 \text{mm}^2$ である。試験体には、厚さ1.5mmの黄銅板を用い、深さが板厚に対して20%(0.3mm)、40%(0.6mm)、60%(0.9mm)、80%(1.2mm)で長さが25mm、幅が0.5mmのスリットを放電加工してきずとした。試験周波数は、渦電流の浸透深さを考慮して20kHzとした。

4. 実験結果および検討

Table. 1は、NNCにきず信号yp00,10,20の検出信号の振幅vaを学習させた後、きず信号yp05,15のvaを評価させた結果であり、Table. 2は、NNCにきず信号yp30,40,50の検出信号の振幅vaを学習させた後、きず信号yp35,45の検出信号の振幅vaを評価させた結果である。y'が出力値を示しており、yとの差が小さければ小さいほど評価が正確であったことを示している。Table. 1・Table. 2のどちらもy'の値は、yの値との差は非常に小さく、正常に評価出来ている。

Table. 1 きず va 信号 yp05, 15 の評価結果

ximage	y_0:y1	y_1:y2	y'_0	y'_1
heikou-dt5Yyp05Y80va.png	1	1	0.997208	0.921474
heikou-dt5Yyp05Y60va.png	1	0	0.949781	0.15559
heikou-dt5Yyp05Y40va.png	0	1	0.03841	0.668535
heikou-dt5Yyp05Y20va.png	0	0	0.014664	0.264822
heikou-dt5Yyp15Y80va.png	1	1	0.997192	0.920995
heikou-dt5Yyp15Y60va.png	1	0	0.950127	0.156484
heikou-dt5Yyp15Y40va.png	0	1	0.038516	0.668668
heikou-dt5Yyp15Y20va.png	0	0	0.014653	0.264571
suichoku-dt5Yyp05Y80va.png	1	1	0.997198	0.921151
suichoku-dt5Yyp05Y60va.png	1	0	0.949738	0.155822
suichoku-dt5Yyp05Y40va.png	0	1	0.038511	0.66865
suichoku-dt5Yyp05Y20va.png	0	0	0.014653	0.264566
suichoku-dt5Yyp15Y80va.png	1	1	0.997194	0.920991
suichoku-dt5Yyp15Y60va.png	1	0	0.949734	0.155758
suichoku-dt5Yyp15Y40va.png	0	1	0.038503	0.668646
suichoku-dt5Yyp15Y20va.png	0	0	0.014652	0.264545

Table. 2 きず vi・vr 信号 yp35, 45 の評価結果

ximage	y_0:y1	y_1:y2	y'_0	y'_1
heikou_d15Yyp35Y80va.png	1	1	0.999988	0.999207
heikou_d15Yyp35Y60va.png	1	0	0.999373	0.002034
heikou_d15Yyp35Y40va.png	0	1	0.000533	0.994888
heikou_d15Yyp35Y20va.png	0	0	0.000108	0.003817
heikou_d15Yyp45Y80va.png	1	1	0.999988	0.999207
heikou_d15Yyp45Y60va.png	1	0	0.999375	0.002029
heikou_d15Yyp45Y40va.png	0	1	0.000533	0.994886
heikou_d15Yyp45Y20va.png	0	0	0.000108	0.003817
suichoku_d15Yyp35Y80va.png	1	1	0.999988	0.999206
suichoku_d15Yyp35Y60va.png	1	0	0.999376	0.002035
suichoku_d15Yyp35Y40va.png	0	1	0.000533	0.994887
suichoku_d15Yyp35Y20va.png	0	0	0.000108	0.003817
suichoku_d15Yyp45Y80va.png	1	1	0.999988	0.999204
suichoku_d15Yyp45Y60va.png	1	0	0.999375	0.002032
suichoku_d15Yyp45Y40va.png	0	1	0.000533	0.994886
suichoku_d15Yyp45Y20va.png	0	0	0.000108	0.003817

5. まとめ

走査方向に平行な横きずと垂直な縦きずを一度の走査で検出可能なマルチ化検出コイル渦電流探傷プローブを提案し、このプローブによるきず検出の実験結果と得られたきず信号

よりNNCを利用したきず評価結果の基礎的検討を行った。条件付きではあるが、試験体加工されたきずから得られた信号で学習させたネットワークで、学習させていないきずを評価することが出来た。

今後今回の実験結果からきず信号の各評価結果の総合誤差から、更なるNNCによるきず深さ評価の可能性についての検討を行う予定である。

参考文献

1)小山潔、星川洋、小松慶亮：非破壊検査、56（11） pp.589-595(2007)