

貫通コイル渦電流探傷プローブのマルチ化のための探傷特性に関する研究

日大生産工（院） ○増田 侑也

日大生産工 小山 潔、星川 洋

1. はじめに

生産ラインにおける金属製品の品質検査のとき、その製品が不良と判断されてしまう主な原因は、加工される過程で製品の表面にきずが出来ることである。もし不良製品がそのまま精密機器に使われてしまった場合、このきずが原因で大きな問題が発生することもしばしばあるため、生産ラインの品質検査が大変重要な役割を担っている。このような生産ラインの品質検査では、製品に直接触れずに、高速で、きずについての検査が可能である渦電流探傷試験が適用される。

パイプなどの円筒状導体の製品検査において、従来の貫通プローブを使用した渦電流探傷試験には、周方向のきずや、軸方向のきずの検出が難しいという問題点がある。本研究では、円筒状導体の周方向きずと、軸方向のきずを一度の走査で検出評価するためのマルチ化貫通コイル渦電流探傷プローブを提案する。このプローブによりきずの深さ評価を可能とし、検査の質の向上を期待している。

今回は、マルチ化のための基礎検討として周方向きずを検出するための周方向プローブと、軸方向きずを検出するための軸方向プローブに対する基礎的特性についての実験結果を報告する。

2. プローブの構成と原理

2-1. 周方向プローブの探傷原理

図1は周方向プローブの構成と探傷原理である。右上に周方向プローブの構成を示す。周方向に巻いた検出コイルの上に円形状の励磁コイルを配置した。以下にきずの検出原理を説明する。

検出コイルの上に配置してある円形状の励磁コイルに交流電流を流す。きずが無いとき、試験体表面の渦電流は、検出コイルの巻き線を軸として左右対称に分布し、起電力は発生しないので信号は検出されない。図1(a)のように、きずが検出コイルの右側にあるときは、渦電流はきずを避けて流れるため、検出コイルの巻き線方向に渦電流が流れ、検出コイルに起電力が発生し、信号が得られる。図1(c)のように、きずが検出コイルの左側にあるときは、きずを避けて流れる渦電流は図1(a)とは逆向きになるので、得られる信号も逆極性である。図1(b)のように、きずが検出コイルの真下にあるときは、きずが無いときと同様に、試験体表面の渦電流は検出コイルの巻き線を軸として左右対称に分布し、起電力は発生しないため信号は検出されない。きずがある場合は図1の左上の図のように、8の字の信号パターンが得られる。

Study on Flaw Detecting Characteristics of Encircling Eddy Current Probe

Yuya Masuda, Kiyoshi Koyama, Hiroshi Hoshikawa

2-2. 軸方向プローブの探傷原理

図2は軸方向プローブの構成と探傷原理である。右上に軸方向プローブの構成を示す。励磁コイルを周方向に二つ並行に巻き、その間に検出コイルを配置した。以下に探傷原理を説明する。

検出コイルの巻き線を軸にして、左側の励磁コイルと右側の励磁コイルには逆方向の交流電流を流す。これにより検出コイルの巻き線を軸として右側と左側に、逆極性かつ同じ力の大きさの渦電流が試験体の表面を流れる。きずが無いときは、検出コイルに起電力は発生しないため信号は検出されない。図2(a)のように、きずが検出コイルの右側にあるときは、検出コイルの巻き線を軸として右側の渦電流がきずを避けて、検出コイルの巻き線方向に流れるため、起電力が発生し信号が得られる。図2(c)のように、きずが検出コイルの左側にあるときは、検出コイルの巻き線を軸として左側の渦電流がきずを避けて流れる。この渦電流は図2(a)の場合の逆極性なので、検出される信号も逆極性となる。図2(b)のように、きずの丁度真ん中に検出コイルがあるときは、きずが無いときと同じように、検出コイルに起電力が発生しないため、信号は検出されない。きずがある場合は図2の左上の図のように尖った8の字の信号パターンが得られる。

3. 実験条件及び方法

3-1 試験体と人工きず

図3は試験体に加工した人工きずの様子である。試験体は長さ300mm、外径22mm、内径20.5mmの黄銅管である。人工きずは、幅0.5mmのスリット状のきずである。きずの長さは5mm、10mm、15mm、20mm、25mmの5種類で、きず深さは肉厚に対して10%、30%、50%、70%、90%の5種類である。

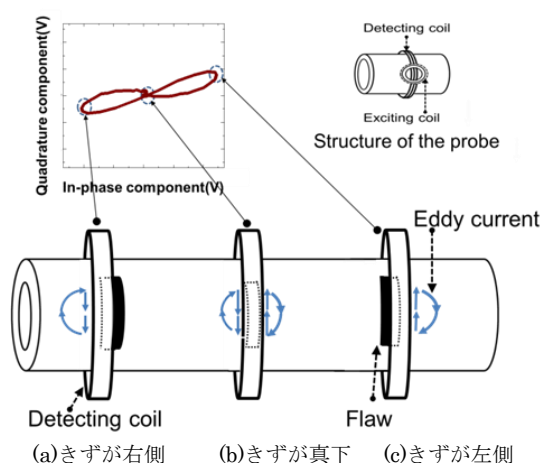


図1 周方向プローブの構成と探傷原理

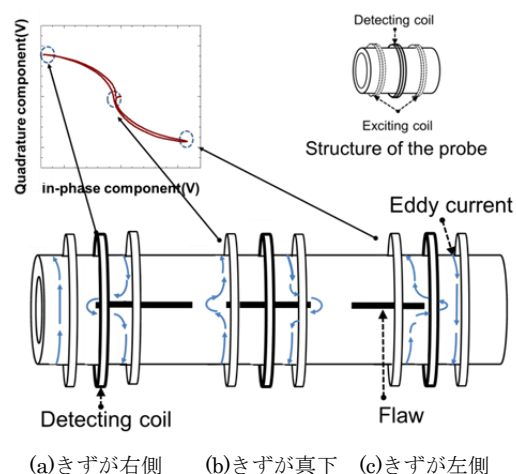


図2 軸方向プローブの構成と探傷原理

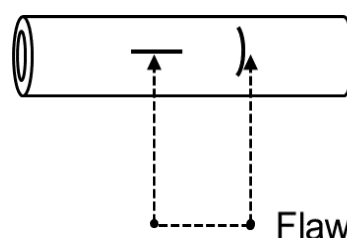


図3 試験体に加工した人工きずの様子

3-2 周方向プローブの実験条件

励磁コイルは外径9mm、内径7mm、巻線断面積1mm²である。検出コイルは外径25mm、内径23mm、巻線断面積1mm²である。また図4(a)のように、固定した試験体に向かってプローブを右方向に移動していき、試験体がプローブの中を通過するように走査

する。渦電流の浸透深さを考慮して試験周波数を 10kHz、励磁コイルへの印加電圧 5.0V して実験を行った。

3-3 軸方向プローブの実験条件

励磁コイルは外径 25mm、内径 23mm、巻線断面積 1mm²である。検出コイルは外径 25、内径 23mm、巻線断面積 1mm²で、左右の励磁コイルとの間隔は2mmである。また図 4(b)のように、固定した試験体に向かってプローブを右方向に移動していき、試験体がプローブの中を通過するように走査する。渦電流の浸透深さを考慮して試験周波数を 10kHz、励磁コイルへの印加電圧 2.5V として実験を行った。

4. 実験結果

4-1 周方向プローブについて

図 5 はきず長さを 15mm に固定し、きず深さを 10%から 90%まで変化させたときに得られた信号パターンである。8 の字信号パターンの振幅と角度が変化していくのが分かる。この信号パターンより位相を求めた。図 6 はきず深さに対する位相特性である。きず深さの変化に対応して位相が変化していくことが分かる。

図 7 はきず深さを 70%に固定し、きず長さを 5mm から 25mm まで変化させたときの信号パターンである。きず深さ変化と対照的に、きず長さを変えても信号パターンの傾きはほとんど変化しない。図 8 はきず長さに対する位相特性である。ほぼ直線になっており、きず長さの変化は位相に影響していないことが分かる。

4-2 軸方向プローブについて

図 9 はきず長さを 15mm に固定し、きず深さを 10%から 90%まで変化させたときに得られた信号パターンである。8 の字信号パ

ーンの振幅と角度が変化していくのが分かる。図 10 はきず深さに対する位相特性である。周方向と同じ様に、きず深さの変化に対応して位相が変化していくことが分かる。

図 11 はきず深さを 70%に固定し、きず長さを 5mm から 25mm まで変化させたときに得られた信号パターンである。5mm のきずだけ特殊な形をしていることがわかる。これは励磁コイルの間隔が 6mm であり、きず長さの 5mm より大きくなるためである。図 12 はきず長さに対する位相特性である。周方向と同じくほぼ直線で、きず長さの変化は位相に影響していないことが分かる。

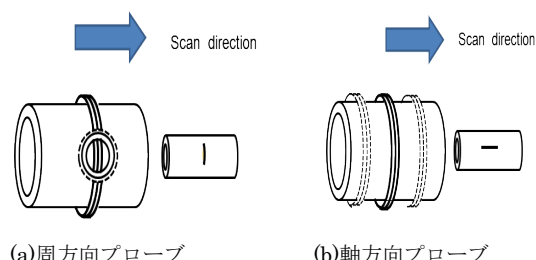


図 4 プローブの走査方法

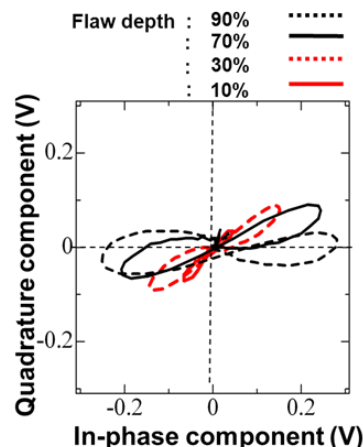


図 5 周方向きず深さ変化信号パターン

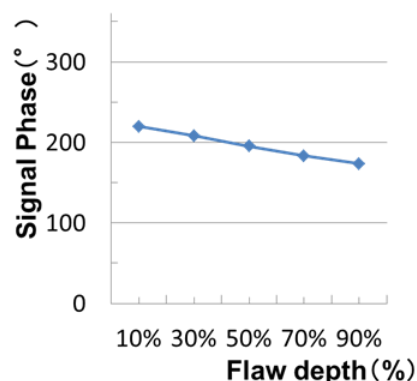


図 6 周方向きず深さ位相特性

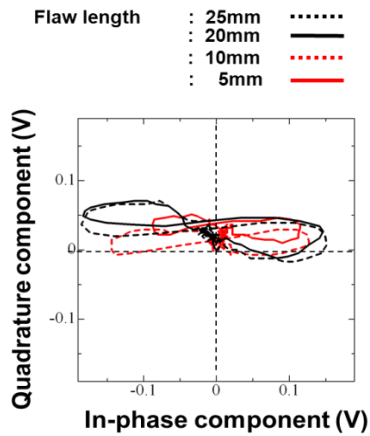


図 7 周方向きず長さ変化信号パターン

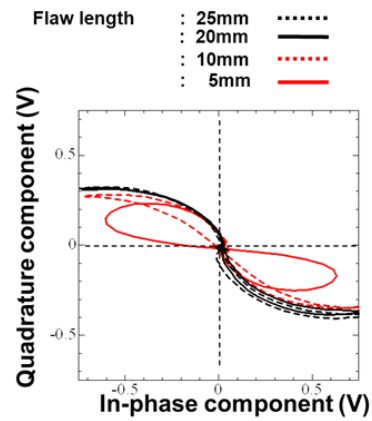


図 11 軸方向きず長さ変化信号パターン

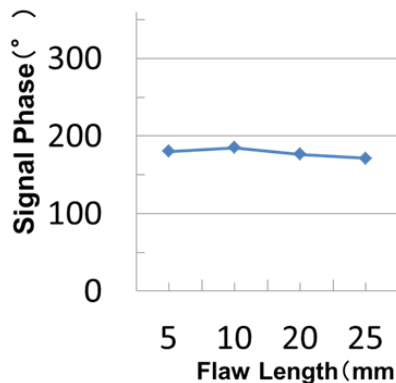


図 8 周方向きず長さ位相特性

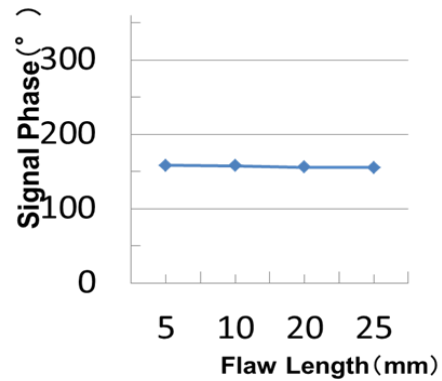


図 12 軸方向きず長さ位相特性

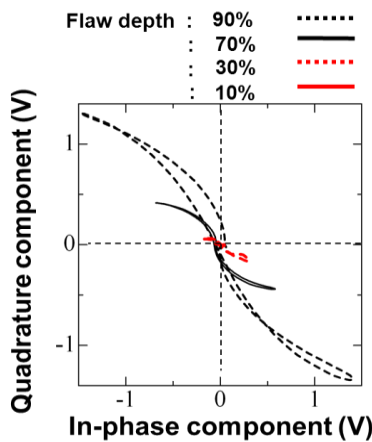


図 9 軸方向深さ変化信号パターン

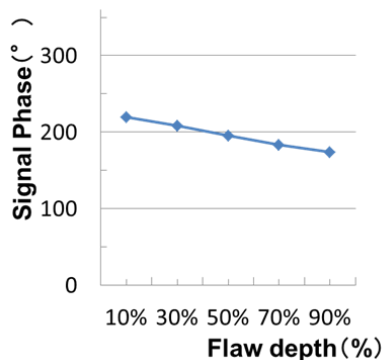


図 10 軸方向きず深さ位相特性

5 おわりに

周方向きずと軸方向きずを一度の走査で検出評価するマルチ化貫通コイル渦電流探傷プローブのための基礎特性に関する探傷実験を行った。両プローブ共、きず深さに対応してきず信号の位相が変化している。また、きず長さを変化させてもきず深さが同じならば、信号の位相は変化しないことを確認した。従って、信号位相からきず深さの評価が期待出来る。

今後は貫通コイル渦電流プローブのマルチ化のため、きずの位置特性について検討していく。

参考文献

- 1) 星川、小山：きず深さの評価を目指したリフトオフ雑音が小さい渦電流探傷上置プローブの提案、非破壊検査第 53 巻 5 号、pp. 288-293. (2004)