

マルチ化渦電流探傷プローブのきず検出特性について

日大生産工(院) ○松本 一輝

日大生産工 小山 潔

1. はじめに

現在、社会インフラの保守検査や製造時の検査に使われている非破壊検査の試験方法のひとつとして渦電流探傷試験がある。渦電流探傷試験は電磁誘導作用を用いる検査方法で金属などの導体の表面や表層部の探傷に使われている。

渦電流探傷試験の探傷原理としては、コイルに交流電流を流して試験体に近づけると電磁誘導作用によって試験体に渦電流が誘導される。試験体表面や表層部に欠陥があると、渦電流の経路が変化して、コイル内の磁界が変化し、コイルの起電力が変化する。コイルの起電力の変化、すなわちコイルのインピーダンスの変化を観測することで試験体表面や表層部の欠陥を検出することができるということである。

渦電流探傷試験において平面状導体に使われる上置プローブは1回の走査に時間がかかるという問題点がある。そこで今回、上置プローブのマルチ化を目的とした研究を行った。

マルチ化の問題点として、試験コイルと試験体の距離が変化すると発生するリフトオフ雑音によって検出精度が下がってしまうという問題点がある。種々のマルチ化された渦電流探傷プローブは開発されているが、チャンネル数が増えて構造が複雑になるためきず信号の評価が難しい。そこで今回、リフトオフ雑音を小さく SN 比を高く探傷を行うことができる Θ プローブを使い、マルチ化することを考えた。

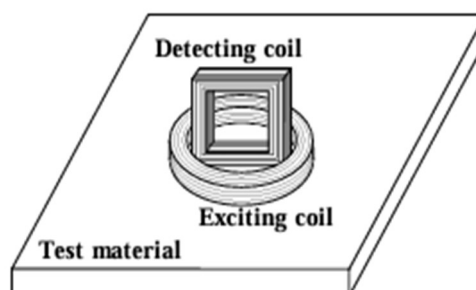
Θ プローブの問題点として、 Θ プローブの検出コイルの向きをきずに対して、垂直の向

きに配置するときず信号がうまく検出できないという問題点がある。以前の実験により Θ プローブの検出コイルを走査方向に対し、45度に配置することで走査方向に対して垂直なきずと平行なきずの両方に対応できることが分かった。

そこで今回、 Θ プローブの検出コイルをきずに対して45度に配置し、走査方向に対して平行なきずと垂直なきずのきず信号を測定して、そのきず信号から振幅と位相の検出特性の測定を行った。またきず信号からマルチプローブの間隔を測定した。

2. プローブの構造

Θ プローブの構造を図1に示す。 Θ プローブは、円形横向き励磁コイルと短形縦置き検出コイルから形成されている。励磁コイルは試験体に電磁誘導により渦電流を誘導する。検出コイルはきずにより経路が変化した渦電流で発生した磁束を検出して、信号を発生する。

図1 Θ プローブの構造図

3. プロブの検出原理

試験体にきずがないときの渦電流の流れを図2に示す。試験体にきずがないときは、渦電流は励磁コイルの円周方向にだけ誘導されて、円周方向に対して交差する渦電流成分はないため検出コイルには渦電流は誘導されず起電力は発生しない。またリフトオフが変化しても円周方向に交差する渦電流は発生しないため、検出コイルには起電力は発生せずリフトオフ雑音は発生しない。

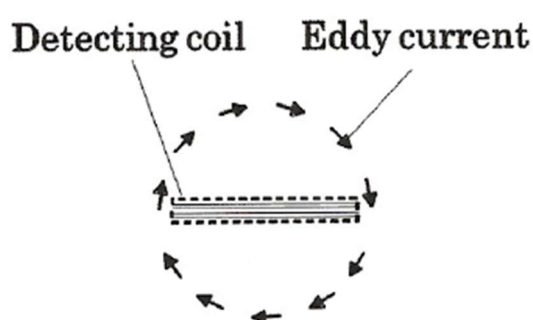


図2 きずがないときのΘプローブの渦電流

きずに対して平行方向に検出コイルを走査したときの渦電流の流れを図3に示す。図3(a)のときには、渦電流はきずに沿って流れ、

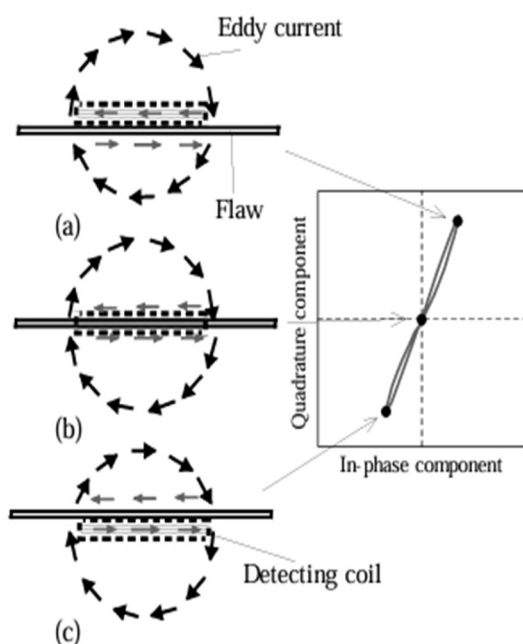


図3 Θプローブによる渦電流と検出信号

起電力が発生する。図3(b)のようにきずが検出コイルとかさなったときは、きずに沿って流れる渦電流の向きはきずの上と下で逆向きの渦電流が流れるため、起電力は相殺して零になる。図3(c)のときには、図3(a)のときとは逆向きの渦電流が流れるため、起電力は図3(a)のときとは正負が逆になる。

4. Θプローブの寸法

今回使用したΘプローブは励磁コイルの寸法は外径9mm、巻線断面積 $1 \times 1 \text{ mm}^2$ である。検出コイルの寸法は、横7mm、高さ7mm、巻線断面積 $1 \times 1 \text{ mm}^2$ である。

5. 実験方法

図4にきずとΘプローブの構成を示す。45度にΘプローブを配置したときのきず信号の振幅と位相についての実験を行った。Θプローブをxy方向に $\pm 25 \text{ mm}$ 、 0.5 mm 間隔で走査し実験した。今回使用した試験体はきず幅 0.5 mm 、きず長さ 25 mm 、 15 mm 、 10 mm 、 5 mm 、きず深さは板厚 1.5 mm に対して20%、40%、60%、80%のきずのある黄銅板を使用して、走査方向に対して平行なきずと垂直なきずのきず信号を測定して、そのきず信号から振幅と位相を測定した。また試験周波数は 20 kHz できず信号の測定を行った。

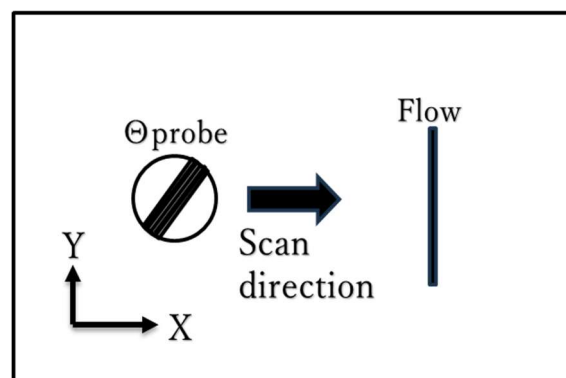


図4 Θプローブときずの構成図

6. 実験結果

きず長さが 15mm のときのきず深さに対する振幅を図 5 に、きず深さに対する位相を図 6 に示す。

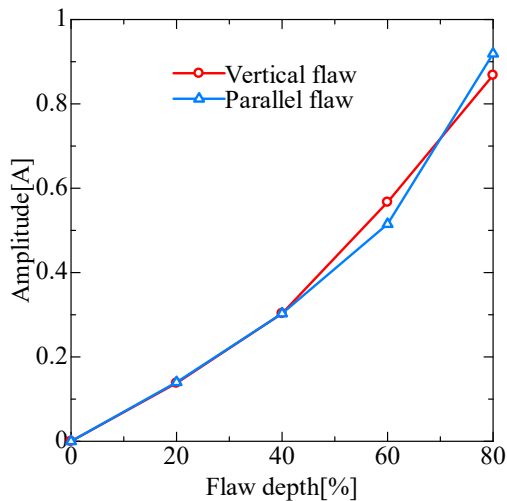


図 5 きず深さに対する振幅

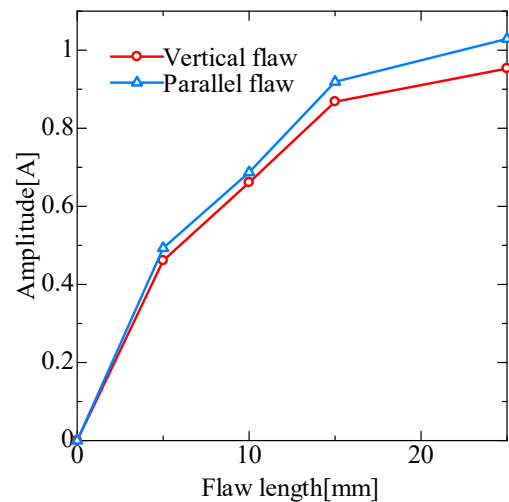


図 7 きず長さに対する振幅

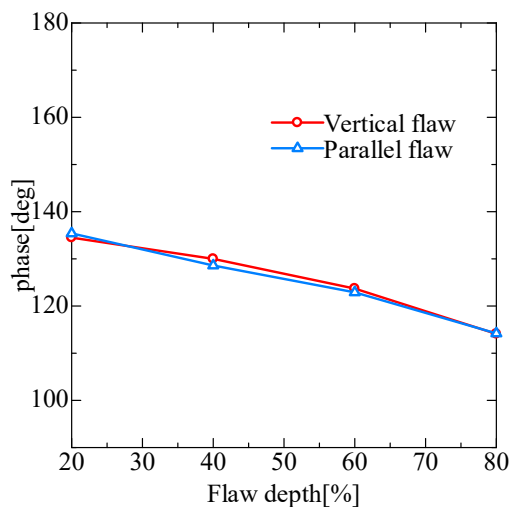


図 6 きず深さに対する位相

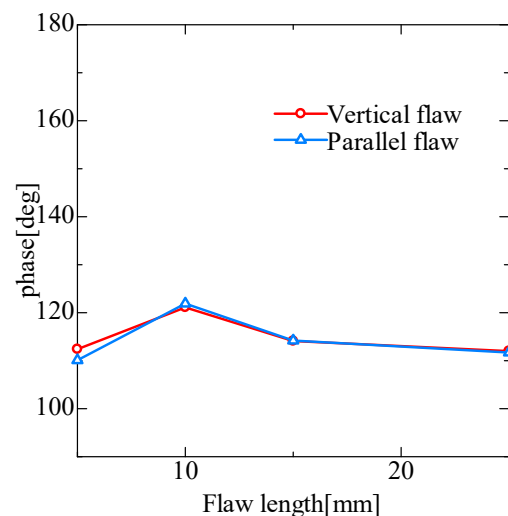


図 8 きず長さに対する位相

図 5 よりきず深さが大きくなるほど振幅は大きくなり、図 6 よりきず深さが大きくなるほど位相は小さくなっていることが分かる。また平行なきずと垂直なきずの両方の振幅と位相はほぼ同じように変化していることが分かる。

またきず深さが 80 % のときのきず長さに対する振幅を図 7 に、きず長さに対する位相

を図 8 に示す。図 7 よりきず長さが長くなるほど振幅は大きくなり、図 8 よりきず長さが大きくなっても位相にあまり変化は見られないが、きず長さが 10mm のときに位相が大きくなっていることが分かる。これは今回使用した Θ プローブの外径が 9mm できず長さが 10mm で長さがほぼ同じになり、プローブの外に電流が発生しないためであると考えられ

る。

7. マルチプローブの間隔測定

今回、測定したきず信号からマルチプローブの間隔を測定した。測定方法は y 方向から見たきず信号の波形より、振幅の $1/e\%$ の場所に線を引き、 $1/e\%$ の線と信号の交わった 2 点から下に線を引き、その間隔の長さを測定する。

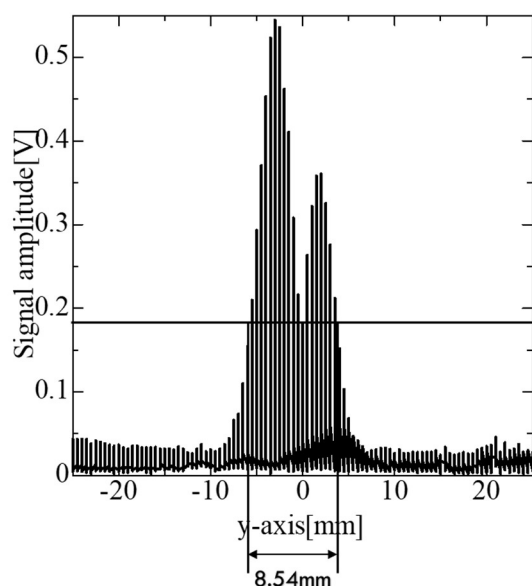


図9 y 軸から見たきず信号波形

表1 きず深さに対するプローブ間隔

きず深さ[%]	垂直きず[mm]	平行きず[mm]
20		
40	20.43	10.04
60	19.29	8.61
80	18.89	8.54

表2 きず長さに対するプローブ間隔

きず長さ[mm]	垂直きず[mm]	平行きず[mm]
5	14.36	8.25
10	15.54	8.33
15	18.89	8.54
25	30.04	8.73

今回測定した平行きずの間隔の平均値より、マルチプローブの間隔は 9mm できず信号を測定する。

8. まとめ

今回の研究では、マルチプローブに使用する検出コイルを 45 度に配置した Θ プローブできず信号を測定して、きず信号から振幅特性と位相特性を測定した。またきず信号波形からマルチプローブの間隔を測定した。

結果からきず深さが大きくなるほど、振幅は大きくなっていき、位相は小さくなっていった。またきず長さが長くなるほど振幅は大きくなり、位相はあまり変化が見られなかった。また平行きずと垂直きずはどちらも同じ振幅特性、位相特性を示しており、平行きずと垂直きずの両方のきず信号の評価の可能性があることが分かった。

また今後は間隔 9mm でマルチプローブを走査し、適正なきず信号を得られるかを検討する必要がある。

9. 参考文献

- 1) 星川洋，小山潔，柄澤英之：リフトオフ雑音が発生しない渦流探傷用新型上置プローブに関する研究，非破壊検査，第 50 巻 11 号 pp.736-742(2001)
- 2) 本宮寛憲，小山潔，星川洋，澤大輔：面状探傷用渦電流上置プローブに関する基礎的検討，非破壊検査，第 66 巻 11 号 pp.518-522(2017)