

渦電流探傷 プロープのきず検出性能に関する基礎的研究

日大生産工(院) 角田 恭成
日大生産工 小山 潔・星川 洋

1. はじめに

製品の表面や表面近傍にある欠陥を検査する場合に用いられる検査法には浸透探傷試験や磁粉探傷試験などが挙げられるが、これらの試験法のひとつとして非接触かつ高速で検査できる渦電流探傷試験がある。

渦電流探傷試験とは、試験体に渦電流を発生させ、その変化を検出する試験法である。交流電流を流したコイルを試験体に近づけると電磁誘導によって試験体に渦電流が生じ、きずなどの欠陥がある場合にはその渦電流が変化し、コイルの起電力が変化する。その変化によりきずの検出が可能である。

渦電流探傷試験に従来から用いられているプローブでは、試験体とコイルの相対距離(リフトオフ)が変化することで大きな雑音が発生し信号検出に影響してしまう。そこで、リフトオフ雑音の小さなプローブ¹⁾が提案されており、このプローブを用いることで、信頼性のあるきず信号検出が可能であると考えられている。

筆者らは、プローブによるきず検出性能を更に向上するために検出コイルの長いプローブ²⁾を提案する。今回は、検出コイルに対し平行なきずの検出の基礎的特性について検討した結果について報告する。

2. プローブの構造および探傷原理

図1に示すように、検出コイルの長いプローブは円形に巻かれた励磁コイルの周りに矩形縦置ききの長い検出コイルを配置した構造である。また、図2に示すように、プローブは円形に巻かれた励磁コイルの内側に矩形縦置ききの検出コイルを配置した構造である。励磁コイルは巻線に沿って試験体に渦電流を誘導し、検出コイルは巻線と同じ方向の渦電流成分を検出し信号を発生する。

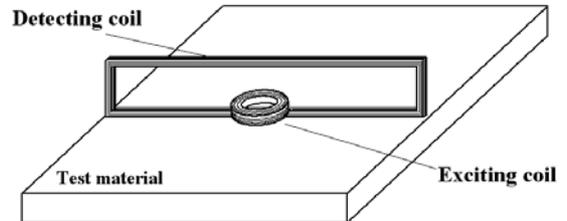


図1 検出コイルの長いプローブの構造

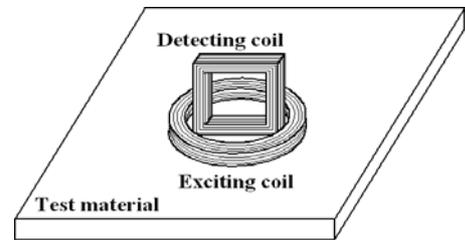


図2 プローブの構造

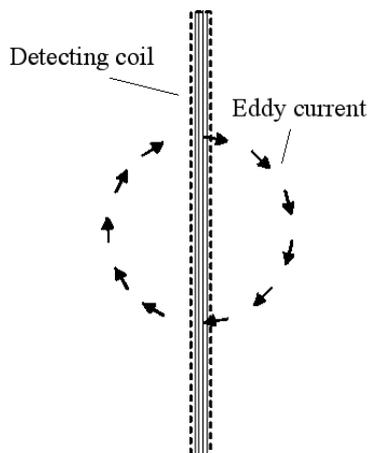
まず、図3(a)に示すように、試験体にきずがない場合、検出コイルの長いプローブは円形の励磁コイルによって誘導された渦電流は変化がなく、検出コイルの巻線に流れる渦電流成分がないために信号は発生しない。また、リフトオフが変化した場合においても渦電流は広がるが、検出コイルに流れる渦電流成分がないために信号は発生しない。図3(b)に示すように、きずがない場合プローブも同様に検出コイルの巻線に流れる渦電流成分がないために信号は発生しない。

きずがある場合、試験体に誘導された渦電流は図4に示すようにきずを避けて通る。まず、検出コイルの長いプローブにおいて図4(a)に示すような位置に長いきずがある場合、検出コイルの巻線方向に流れる渦電流は励磁コイルの内側と外側で逆極性となり互いに打ち消し合い、残りの渦電流によって信号が発

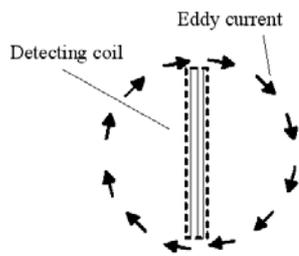
生ずる。また、図 4(b)に示すように短いきずがある場合に、きずを避けて通る渦電流は励磁コイルの内側のみであるので、打ち消し合うことなく信号を発生する。よって、きずの長さ変化に対する信号の変化は大きくないと考えられる。

プローブにおいて図 5(a)に示すように長いきずがある場合、きずを避けて通る渦電流は検出コイルの長い プローブの場合と同じであるが、検出コイルが励磁コイルの内側にあるため、内側に流れる渦電流によって信号が発生する。また、図 5(b)に示すようにきずが短い場合においてもきずを避けて通る渦電流は励磁コイルの内側に流れ、信号が発生する。よって、きずの長さ変化による信号の差異は大きくなると考えられる。

また、検出コイルの長い プローブ及びプローブ共に、きずが検出コイルの真下にあるときは検出コイルの巻線に流れる渦電流は左右で打ち消し合いきず信号は発生しない。さらに、きずが反対方向に位置する場合には、極性が逆の探傷信号となる。

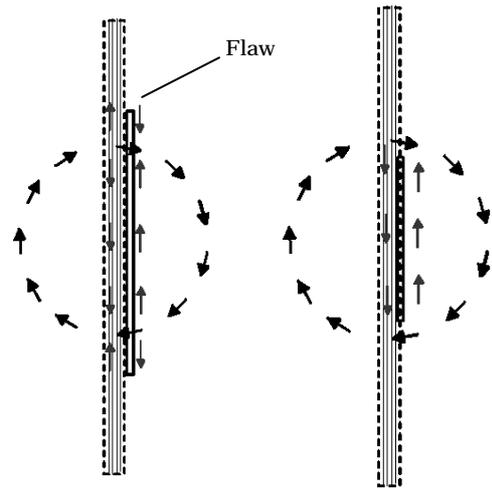


(a) 検出コイルの長い
プローブ



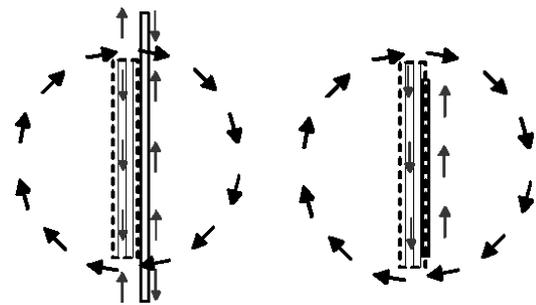
(b) プローブ

図 3 試験体にきずがない場合



(a) 長いきずの場合 (b) 短いきずの場合

図 4 検出コイルの長い
プローブ



(a) 長いきずの場合 (b) 短いきずの場合

図 5 プローブ

3. 実験条件と実験方法

検出コイルの長い プローブの寸法は、励磁コイルが直径 9mm、高さ 1.5mm、巻線断面積 $1.5\text{mm} \times 1.5\text{mm}^2$ であり、検出コイルが長さ 50mm、高さ 9mm、巻線断面積 $1\text{mm} \times 1\text{mm}^2$ である。一方、プローブの寸法は励磁コイルが直径 9mm、高さ 1mm、巻線断面積 $1 \times 1\text{mm}^2$ である。

試験体の材料は、縦 160mm、横 160mm、厚さ 1.5mm の黄銅板で、中央に放電加工によりつけられたきずがある。

きず長さはそれぞれ 15mm、10mm、5mm であり、きず深さは板厚に対して 80%、40%、

である。また、きず幅は 0.5mm ある。リフトオフは 0mm とし、試験周波数は 20kHz とした。

図 6 に検出コイルに対し平行なきずを検出するためのプローブの配置と走査方向を示す。プローブの走査範囲はきずを中心に - 20mm ~ + 20mm とし、きずがプローブの中央を通るように探傷した。

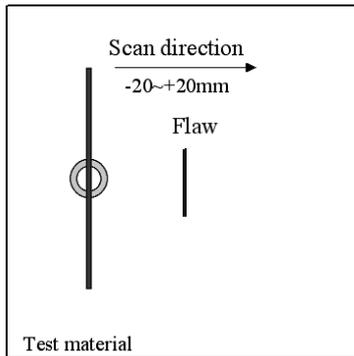


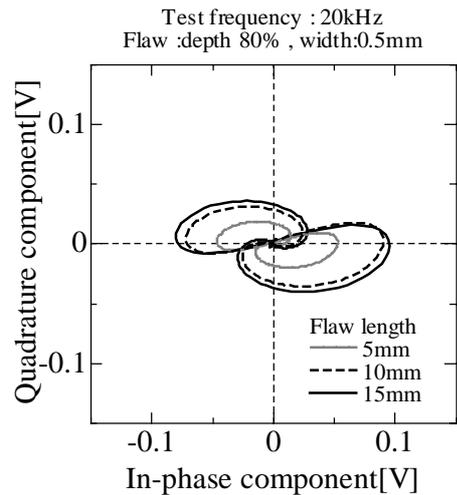
図 6 走査方向

4 . 実験結果

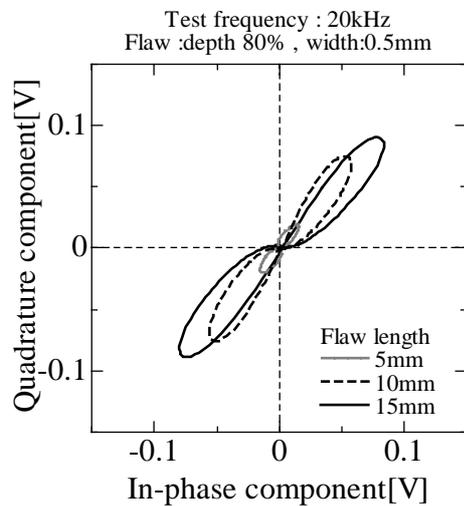
図 7 はきず深さ 80% で長さの異なるきずについての探傷信号パターンを示す。図 7(a) には検出コイルの長い プローブによる探傷信号パターンを示し、図 7(b) には プローブによる探傷信号パターンを示す。まず、2 つのプローブ共にきず長さが短くなるにつれて信号振幅が小さくなっていることがわかる。また、検出コイルの長い プローブでは、得られた探傷信号が膨らみを持った 8 の字パターンとなっているのに対し、プローブでは細長い 8 の字パターンとなっていることがわかる。

さらに、プローブではきずが短くなると、信号振幅が大きく変化しているのに対し、検出コイルの長い プローブでは、きずが短くなっても、信号振幅の変化は大きくないことがわかる。

図 8 にはきず長さに対する信号振幅の変化の割合をきず長さ 15mm で正規化したものを示す。図より プロ - プに比べて検出コイルの長い プローブでは、きずが短い場合においても、信号振幅の変化は大きくないことがわかる。



(a) 検出コイルの長い
プローブ



(b) プローブ

図 7 きず長さが異なる場合の探傷信号パターン

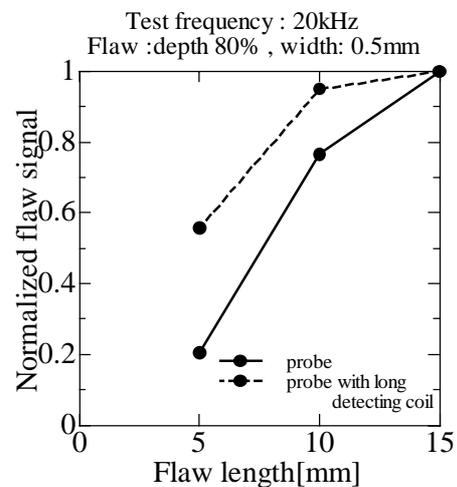


図 8 きず長さに対する
信号振幅の変化

次に、きず深さ 40%に変えて同じように探傷を行った結果を図 9 に示す。図 9(a)には検出コイルの長いプローブによる探傷信号パターンを示し、図 9(b)にはプローブによる探傷信号パターンを示す。まず図より、2つのプローブ共に、きずが短くなると信号振幅が小さくなっていることがわかる。また、きず深さ 80%の場合と比較してみると、それぞれの長さにおいて信号振幅が小さくなっており、位相も回転している。

図 10 にはきず長さに対する信号振幅の変化の割合をきず長さ 15mm で正規化したものを示す。図より、検出コイルの長いプローブとプローブのきず長さに対する信号振幅の変化は近づいていることがわかる。

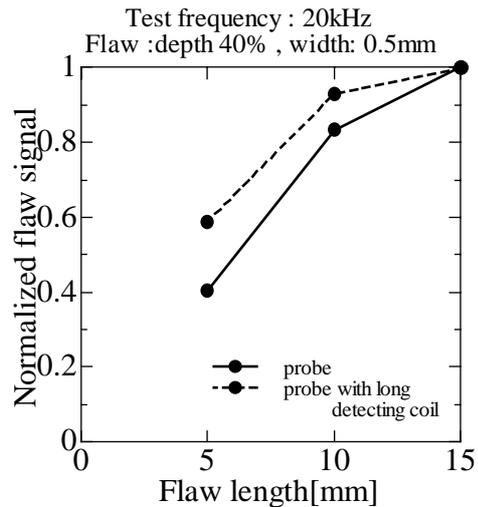
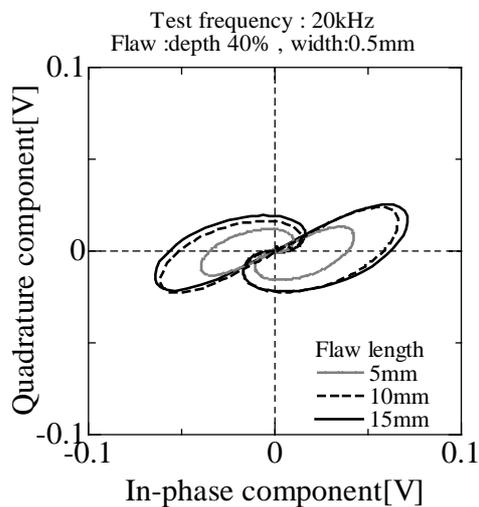
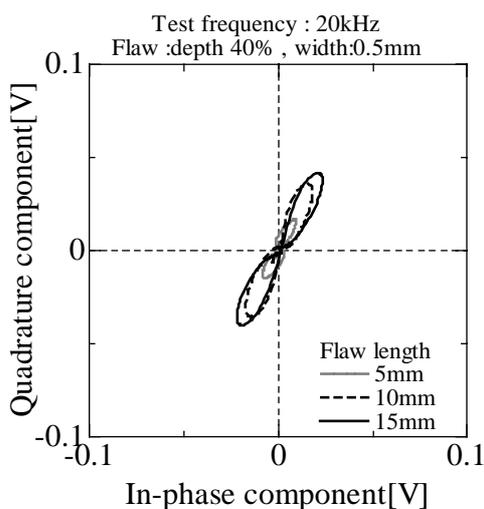


図 10 きず長さに対する信号振幅の変化



(a) 検出コイルの長いプローブ



(b) プローブ

図 9 きず長さが異なる場合の探傷信号パターン

5. まとめ

渦電流探傷においてきずの検出性能を向上するために、リフトオフ雑音の小さな検出コイルの長いプローブの基礎的検討を行った。

その結果から、プローブでは、きず信号が細長い8の字パターンになったのに対し、検出コイルの長いプローブでは膨らんだ8の字パターンとなった。また、きずが深い場合は、プローブに比べ検出コイルの長いプローブは、きずが短くなくても信号振幅の変化は大きくないことが確認できた。さらに、きず深さが 80%と 40%の場合について比較すると、プローブでは信号振幅が大きく変化しているのに対し、検出コイルの長いプローブでは信号振幅の変化はあまり変わらないことがわかった。以上のことから検出コイルの長いプローブは、短いきずの検出に適することがわかる。

参考文献

- 1) 柄澤、小山、星川：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 pp736-742(2001)
- 2) 小山、星川、小松、角田：きず検出性能の向上を志向したマルチ化渦流探傷プローブについて JSNDI 表面探傷分科会 pp15-20(2004)