

TMR センサを用いた渦電流探傷プローブに関する研究

日大生産工(院) ○小野寺大介 今城拓也 宇野雄輝 坂本翔平
日大生産工 小山潔

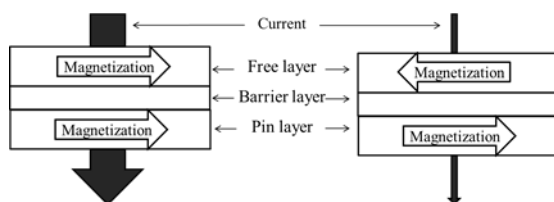
1. はじめに

製品や構造物を長く、安心、安全に使うために非破壊検査を行っている。非破壊検査の方法の一つとして非接触で高速度にきず検出を行うことのできる渦電流探傷試験がある。従来の渦電流探傷試験では、きずによる渦電流の変化を検出コイルで検出し検査を行っている。検出部にコイルを用いた場合では低い周波数で検査を行うと起電力が小さくなってしまふので、ある程度高い周波数が必要である。しかし、高い周波数で検査を行うと、励磁コイルによって誘導される渦電流の浸透深さは浅くなり、深いきずの検出が困難になってくる。

本研究では、検出部に TMR センサを用いた渦電流探傷プローブを開発し、基礎的なきず検出特性についての検討を行った。

2. TMR センサの原理

Fig.1 に TMR センサの原理を示す。Fig.1(a)の様に、ピン層とフリー層の磁化の向きが平行の場合、最も抵抗が小さく、バリア層に大きな電流が流れる。また、Fig.1(b)の様に、磁化の向きが反平行の場合、抵抗は極端に大きくなり、バリア層にはほとんど電流は流れなくなる。



(a) Parallel (b) Antiparallel
Fig.1 Principle of TMR sensor

3. プローブの構造及び探傷原理

Fig.2 に TMR センサを用いた渦電流探傷プローブの構造を示す。矩形に巻いた励磁コイルの中に TMR センサを配置している。励磁コイルに電流を流し、渦電流を誘導させ、TMR センサで磁束を検出する仕組みとなっている。きずがない場合は、励磁コイルに誘導された渦電流に変化はないため、TMR センサは磁束を検出せず、きず信号は発生しない。

Fig.3 に TMR センサを用いた渦電流探傷プローブの原理を示す。Fig.3(a)の様にプローブがきずの左側にあると渦電流はきずに沿って流れる。そして、TMR センサできずと直交方向の磁束を検出し、電圧を発生させる。Fig.3(b)の様にプローブがきずの中央にあると渦電流はきずの両側に流れる。しかし、磁束の向きは互いに逆向きで打ち消されるため、TMR センサは磁束を検出せず、電圧は発生しない。Fig.3(c)の様にプローブがきずの右側にあると渦電流はきずに沿って流れる。そして、TMR センサできずと直交方向の磁束を検出し、電圧を発生させる。

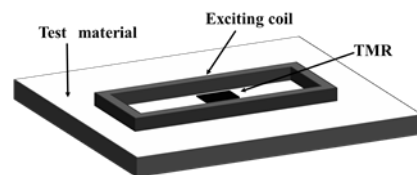
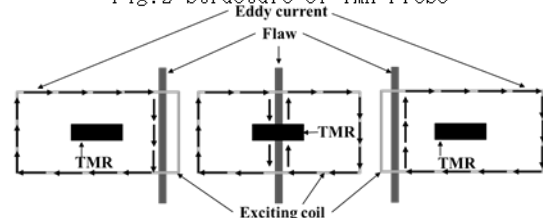


Fig.2 Structure of TMR Probe



(a) Left side of flaw (b) Over the flaw (c) Right side of flaw
Fig.3 Principle of Detection by TMR Probe

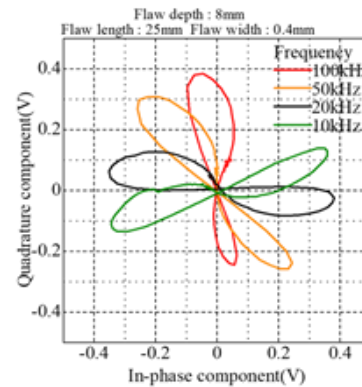
Study on Eddy Current Testing Probe with TMR sensor
Daisuke ONODERA, Takuya IMAJO, Yuki UNO, Shohei SAKAMOTO, Kiyoshi KOYAMA

4. 実験条件及び実験方法

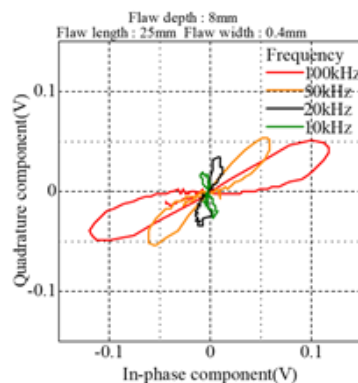
使用した TMR センサはセイコーNPC 社製のセルフバイアス機能付極細プローブ型磁気センサモジュールを用いた。寸法は、長さ21.25mm、幅2.0mm、高さ1mmである。TMR センサには電圧5Vを印加した。励磁コイルの寸法は、長さ70mm、幅9mm、高さ9mmで、巻線断面積は、 $1 \times 1\text{mm}^2$ である。TMR センサの周波数特性の比較検討のために検出部にコイルを用いたプローブも製作した。検出コイルの寸法は、長さ7mm、幅9mm、高さ9mmで、巻線断面積は、 $1 \times 1\text{mm}^2$ である。試験体は、ステンレス製の SUS316 と鋼材を用いた。きずの寸法は、SUS316 が長さ10,15,25mm、幅0.1,0.2,0.4mm、深さ0.25,0.5,1,2,4,8mmで、鋼材が長さ15mm、幅0.4mm、深さ0.25,0.5,0.75,1mmである。検出部が TMR センサの場合とコイルの場合で、試験周波数を10kHz,20kHz,50kHz,100kHzと設定した。また、きず長さ方向とプローブ長辺とを直交走査した。

5. 実験結果

Fig. 4(a)、(b)に検出部が TMR センサとコイルの場合の周波数が異なる時の信号パターンを示す。横軸に励磁電圧との同相成分、縦軸に 90° 進相成分をとる。周波数が10kHzから100kHzに変化したとき、Fig. 4(a)は信号振幅の変化は小さいことがわかる。また、Fig. 4(b)は信号振幅の変化は大きいことがわかる。Fig. 5 に TMR センサとコイルの周波数特性を示す。周波数が10kHzから100kHzに変化したとき、検出部が TMR センサの場合は、検出部がコイルの場合と比べて信号振幅の変化が小さく、高い信号振幅が得られていることがわかる。



(a) Detection element: TMR



(b) Detection element: Coil

Fig.4 Signal pattern of each frequency

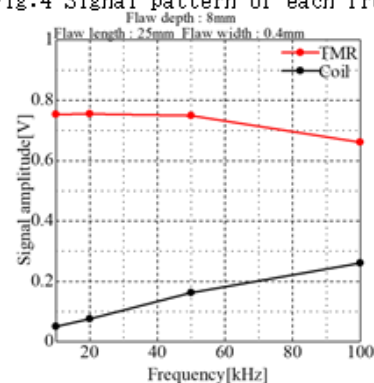


Fig.5 Frequency characteristics

6. まとめ

本研究では、TMR センサを用いた渦電流探傷プローブを開発し、基礎的なきず検出特性について検討を行った。その結果、検出部が TMR センサの場合は、検出部がコイルの場合と比較して、周波数の変化による信号振幅の変化が小さく、高い信号振幅が得られていることがわかった。今後は、10kHz以下の低周波数帯で検討を行う必要がある。