

バイアス磁界を併用する渦電流試験による鋼板の厚さ測定

日大生産工（院） ○石塚 卓也
日大生産工 小井戸 純司

1 まえがき

上下水道など配管や石油タンク底板の材料は鋼板であることから、腐食は避けられない。そのため保守検査における非破壊検査で腐食検出を行い、補修のための情報を収集する。腐食検出における非破壊検査法としては超音波試験の他にバイアス磁界を併用した渦電流試験が広く用いられる。

現在、市販の渦電流式の試験装置では、リフトオフ効果などの雑音を抑制するため、センサに差動方式コイルを用いている。したがって、鋼板の絶対的な厚さは測定困難である。

そこで、筆者らはバイアス磁界を併用した渦電流試験において、センサに単一方式コイルを用いて、鋼板の厚さ測定を可能とするとともに、問題となるリフトオフ雑音を補正する方法²⁾を提案してきた。しかし、リフトオフ雑音自体を抑制するための最適化は行っていなかった。本報告では、試験周波数やバイアス磁界を発生する励磁電流の適当な状態については未検討であったため、リフトオフ効果に対するバイアス磁界量と試験周波数による信号と雑音について検討した結果について報告する。

2 原理

本研究で用いたプローブは、図1に示すようにコの字型の磁気コアを有し、これに巻いた励磁コイルに電流を流して強いバイアス磁界を発生させる。これを鋼板表面に設置し、コア中央に渦電流試験の試験コイルを配置する。鋼板の厚さが変化すると鋼板内の磁束密度、渦電流や透磁率などが変化する。これが、試験コイルのインピーダンスの変化となり、厚さや腐食が信号として検出される。

次に、バイアス磁界により鋼板が直流磁化された状態とバイアス磁界を取り去った後の残留磁化状態の2つの状態における試験コイルのインピーダンス変化分を検出し厚さ測定を行う。これを残留磁化基準方式³⁾と呼ぶ。

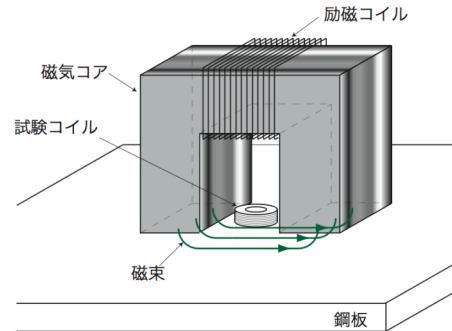


図1 実験プローブ

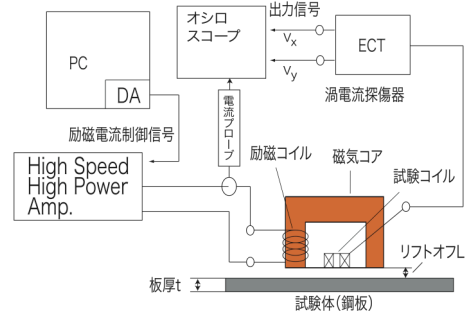


図2 測定システム

3 実験方法

試験体は200×200[mm]、板厚1～6[mm]の平板(SS400)を用意した。プローブの磁気コアはケイ素鋼板を40枚積層し、励磁コイル(外径55[mm],220[T])を巻いた。励磁電流は、PCにより任意波形を出力し、増幅することで得た。試験コイルは外形10[mm]、100[T]の単一方式である。

図2のような測定システムを用いて、インピーダンス変化に対応する信号は、渦電流探傷器により測定した。その際、出力信号の実数部 V_x が抵抗成分、虚数部 V_y がリアクタンス成分に対応するよう位相を調整した。さらに、電流プローブによりバイアス磁界の励磁電流も測定し、得られた信号はオシロスコープにより同期的に取り込んだ。また、比較するための、励磁電流 $I=1,2,4,10,16$ [A]、試験周波数 $f=1,10,20,100,200,1000$ [kHz]とした。

4 実験結果および検討

試験周波数 $f=10[\text{kHz}]$ における実験結果である。図3は、リフトオフ $L=1[\text{mm}]$ における、試験体の板厚 t を $6[\text{mm}]$ から $4[\text{mm}]$ としたときの信号の変化分 S である。横軸はバイアス磁界を作る励磁電流の値である。信号の変化をみると励磁電流が $4[\text{A}]$ 程度でピークとなっていることがわかり、それ以上となると信号が減少する。一方、励磁電流に対する、板厚 $t=6[\text{mm}]$ における、リフトオフ L が $1[\text{mm}]$ から $2[\text{mm}]$ となる信号の変化分 N は、図4となる。リフトオフの変化による信号の変化は、励磁電流が大きくなる程、増加していくようにみられる。そこで、 S/N 比を表したものが図5である。同図から S/N 比はバイアス磁界量により異なることがわかった。また、そのピークとなる励磁電流は、2から $4[\text{A}]$ であった。

次に、励磁電流 $I=4[\text{A}]$ における、試験周波数の影響についての実験結果である。図6は、リフトオフ $L=1[\text{mm}]$ における、試験周波数に対する板厚 $6[\text{mm}]$ から $4[\text{mm}]$ としたときの信号の変化分 S である。試験周波数毎でその信号量に差がみられた。ピークは、試験周波数は $200[\text{kHz}]$ 程度であるとわかった。同様に、図7より、板厚 $t=6[\text{mm}]$ における、リフトオフ $1[\text{mm}]$ から $2[\text{mm}]$ とした信号変化 N も

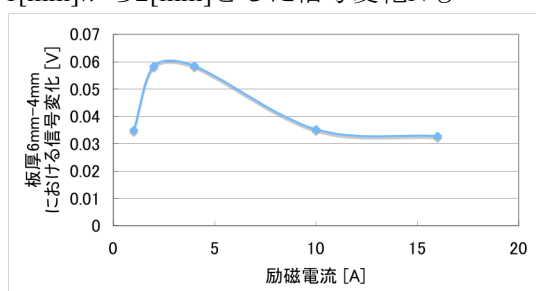


図3 励磁電流に対する信号変化($f=10\text{kHz}$)

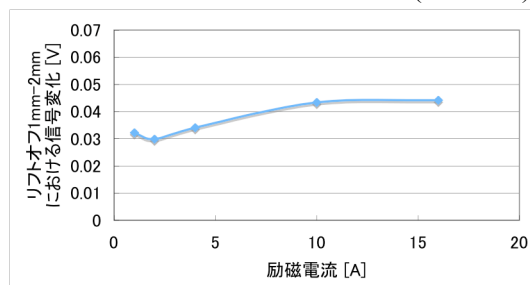


図4 励磁電流に対する雑音変化($f=10\text{kHz}$)

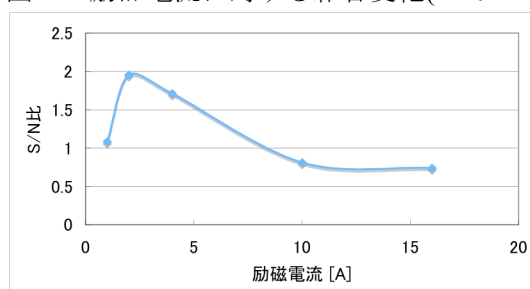


図5 励磁電流に対する S/N 比($f=10\text{kHz}$)

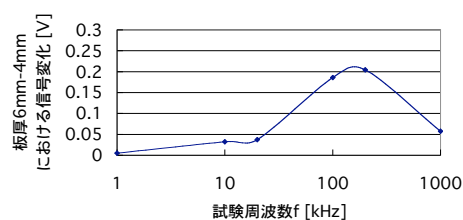


図6 試験周波数に対する信号変化($I=4[\text{A}]$)

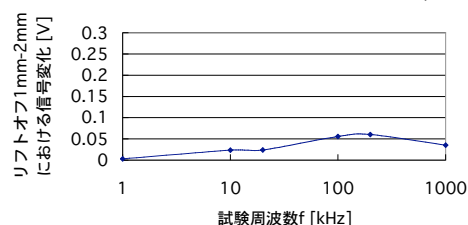


図7 試験周波数に対する雑音変化($I=4[\text{A}]$)

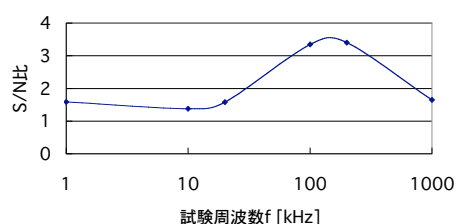


図8 試験周波数に対する S/N 比($I=4[\text{A}]$)

$200[\text{kHz}]$ 程度が最も大きいことがわかる。そこで、試験周波数に対する S/N 比を表すと、図8のようになる。信号変化 S 、雑音変化 N ともに $200[\text{kHz}]$ 程度で最も大きい、その増加量は、信号変化 S の方が大きい。そのため、 S/N 比も他の周波数では1.5程度だが、 $200[\text{kHz}]$ 程度では、最も大きく、3以上の値を示していることがわかる。

5 まとめ

本報告では、バイアス磁界量と試験周波数の最適化について行った。実験の結果、バイアス磁界を発生させる励磁電流は $4[\text{A}]$ 、試験周波数 $100[\text{kHz}]$ 前後とすることで、より S/N 比の高い信号が得られると考えられる。

「参考文献」

- 1) 三浦、*SLOFEC*によるタンク底板の検査、非破壊検査、第56巻5号(2007)、pp.241-245
- 2) 小井戸、石塚、磁気飽和型低周波渦電流試験による鋼板の厚さ測定、非破壊検査協会平成20年度秋季大会講演概要集、pp49-50
- 3) 小井戸、石塚、磁気飽和型低周波渦電流試験による鋼板の厚さ測定、非破壊検査協会平成19年度秋季大会講演概要集、pp313-314