S172014

平板状鋼板の表面き裂の検出が可能な リモートフィールド渦流探傷プローブに関する研究

加来 慶彦^{*1}, 笠井 尚哉^{*1}

Simulation for detection of the surface flaws of flat ferromagnetic plates by RFECT

Yoshihiko Kaku^{*1} and Naoya Kasai^{*1}^{*1} Yokohama National University, 79-5 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501, Japan

In the present study, the remote field eddy current testing (RFECT) was used to detect surface flaw in flat ferromagnetic plates. A phenomenon similar to a remote field for a tube type test piece was confirmed in this measurement system by using the U type component with the magnetic shields. The appropriate distance between the excitation coil and the pick-up coil were analytically examined to detect the surface flaws of ferromagnetic plates. Furthermore, the behavior of obtained signal for the surface flaw was accurately discussed.

Key Words : RFECT (remote field eddy current testing), nondestructive inspection, flat steel plate

1. 結 言

石油タンク底部溶接部では石油の出入による応力、溶接による残留応力等の要因によって応力が集中し、き裂が生じることが多々ある。このため、定期的に開放検査を行う必要があり、現在、消防法によって磁粉探傷法で検査を行うことが義務付けられている。この探傷法は優れたき裂検出能をもっているが、リフトオフに対する感度が低いため、防食用塗膜が健全であっても、塗膜を除去した後に探傷作業を行わなければならない、時間的にも経済的にも負担が極めて大きい。また、き裂深さに関する定量的な情報を得られないため、該当部位のリスク評価や余寿命評価を行うことができないという欠点ももつ。この問題点を解決する探傷法の一つとしてあげられるものが強磁性体に対して塗膜上からのき裂の定量的な評価が可能であるリモートフィールド渦流探傷法である。

本研究では、このリモートフィールド渦流探傷法を用いた平板状鋼板の表面き裂の検出が可能であるプローブの開発を目的として解析ソフト上でモデルを作成し、解析結果から磁束密度分布や電圧値について考察すること、最適なプローブ形状の検討を行った。

2. リモートフィールド渦流探傷法

リモートフィールド渦流探傷法は渦流探傷法の一種である。通常の渦流探傷法は塗膜上からのき裂の定量的な評価が可能であるが、強磁性体の鋼管に対して適用した場合、透磁率の変化に起因する磁気ノイズが発生することで、き裂の検出が難しいという欠点をもつ。そこで開発されたのが強磁性体に対しても適用可能であり、なおかつ内面だけでなく外面のき裂の検出も可能であるリモートフィールド渦流探傷法である。リモートフィールドは強磁性体の管で顕著に現れ、励磁コイルにより生じた電磁気エネルギーが管壁を通過していったん外部に出て、管にそって伝播し、離れた位置で外部から管内部に戻る現象を示す間接磁場の支配領域のことである。リモートフィールドを用いた渦流探傷法はコイル間距離を磁気ノイズの原因となる直接磁場の支配が弱まり、間接磁場が支配的になる位置に固定して走査を行うもので、管肉厚部の情報を有した電磁気エネルギーを検出コイルが得ることで探傷が可能となる。しかし、平板状の試験片では直接磁場の減衰が少ないためパイプのようにリモートフィールドを利用することは難しい。よって、平板上でこの現象を用いて

^{*1} 横浜国立大学 (〒240-8501 神奈川県横浜市保土ケ谷区常盤台 79-1)
E-mail: d13hf005@ynu.ac.jp

探傷を行うためには、プローブの形状を工夫する等して間接磁場の影響を強く、直接磁場の影響を弱くすることで、配管と同様の磁気条件をつくる必要があると考えられる。

3. 解析

3・1 解析条件

プローブには配管を模擬した従来のモデルと本研究で提案する磁気シールドを組みこんだ図 1 に示すモデルの 2 種類を用いた。各プローブの構成部品は励磁コイル、検出コイル、強磁性体部品である配管を模擬するためのコ状部材と直接磁場を減衰させるための磁気シールドからなるものとする。本研究では、電磁界解析ソフト Magnet 7 を用いて図 1 のようにソフト上でプローブと試験片を作成、周波数応答解析を行い、解析結果からリモートフィールド現象が効果的に生み出されているか、平板状鋼板の表面き裂を検出できるかを確認した。試験片には石油タンクに用いられる SS400 を使用し、長さ 10mm、幅 10mm、深さ 5mm のものと、長さ 10mm、幅 1mm、深さ 5mm のものの 2 種類を用いた。励磁電流は 1A、励磁周波数は 60Hz、検出コイルのリフトオフは 0.1mm に設定した。走査方法は必ず中心から 80~80mm の範囲で間隔は 10mm として走査を行ったものと同様の条件で解析を行った。

Fig. 1 1/2 analytical model for remote field eddy current testing

3・2 解析結果

はじめに、従来型プローブの探傷結果から試験片表面の開口幅の大きなきずの検出は可能だが、き裂のようなきずの検出は困難であることがわかった。これは検出コイル近傍で直接磁場があまり減衰しておらず、リモートフィールドを有効に利用した探傷ができていないためであるということが原因として考えられる。一方、本研究で提案する磁気シールドを用いたプローブでは図 2 に示すように長さ 10mm、幅 1mm のき裂のようなきずの検出に成功した。また、電圧ピーク値の違いにより、きずの定量的な評価を行うことが可能となっている。これは磁気シールドによって検出コイル近傍の直接磁場が減衰していることにより、効果的にリモートフィールドを使った探傷を行えているためであると考えられる。また、モデル中の磁束密度分布を図 3 のような解析結果から検討すると、きずがプローブ内に入ると試験片の間接磁場の流れが乱れ、それにより試験片表面の磁束密度の強さが変わることによって検出コイルの電圧値が変化していることがわかった。また、開口幅が小さくなると間接磁場の乱れが小さくなるため、検出コイルで得られる電圧の変化量も小さくなる。これによりきずの大きさの定量的な評価を行うことができる。

Fig. 2 Relation between voltage of the detector coil and distance from the center of a crack

Fig. 3 An analytical result of magnetic dense distribution produced with the exciting coil

4. 結言

本研究では平板状鋼板の表面き裂の検出が可能なりモートフィールド渦流探傷プローブの作成を目的とした。まず、配管を模擬した従来のモデルを改良し、磁気シールドを用いることで、直接磁場の急激な減衰がおこる平板状鋼板での探傷に有用なプローブモデルを開発した。次に、開発したプローブを用いて解析を行い、平板状鋼板での表面き裂の探傷が可能であること、解析結果からきずの定量的な評価が可能であることを確認した。