

電流制御型リモートフィールド渦電流探傷法の検討

Remote field eddy current testing with controlled current distributions

| | | | |
|----------|------|---------------|--------|
| 株式会社 IIU | 遊佐訓孝 | Noritaka Yusa | Member |
| 株式会社 IIU | 宮健三 | Kenzo Miya | Member |

This study proposes a technique that would enhance the sizing ability of remote field eddy current testing. Numerical simulations are conducted in an axisymmetric configuration modeling remote field inspection of ferromagnetic steam generator tube. The simulations confirm an abrupt change of measured signal, and the change depends on the depth of a defect measured.

Keywords: electromagnetic nondestructive evaluation, sizing, inspection, ill-posedness

1. 緒言

リモートフィールド渦電流探傷法は通常管材の壁面探傷に用いられる電磁非破壊検査技術であり、通常の渦電流探傷法と同じく、交流磁場によって管壁に渦電流を誘導し、きずの存在による渦電流の乱れを検出することを基本的な原理としている。特徴的であるのは、管外部を伝播する磁束が支配的となる、ある程度励磁源より離れた領域にて信号を検出することであり、これにより管の内壁面、外壁面に発生したきずをほぼ同感度で検出することが可能となる[1]。

非破壊検査技術という観点からは、きずの検出のみならず、得られた探傷信号からのきずの評価が行えることが望ましいのだが、通常の渦電流探傷に関する数多いきず評価技術研究報告[2][3]と比較し、リモートフィールド渦電流探傷法におけるきず評価技術に関する研究報告の数は非常に少ない。その理由として、得られる信号が微弱であること、また低周波が用いられるためきずの評価において特に重要となる位相情報が得られづらいということが挙げられる[4]。また、数値解析技術の援用に関しても特に3次元的なきずに対しては十分な解析精度が得られないという問題がある[3]。

近年、著者らは通常の渦電流探傷法において、導体内部に誘導される渦電流の分布を制御しつつ試験を行うことで、探傷信号に含まれる情報を飛躍的に増大さう新たな技術を開発した[5][6]。この技術は従来の検査装置がそのまま適用できる、明瞭な信号変化を確認できる、また表皮深さの制約が小さいなどの特徴を備えており、現在応力腐食割れや疲労割れなどの実きずに対する検証試験が進められている。本技術の原理自体は交流電流を利用するあらゆる非破壊検査技術に適用可能なものであり、よってリモートフィールド渦電流探傷法に対して本技術を適用することで、リモートフィールド渦電流探傷法のきず評価能を向上させることが可能となるものと期待される。

本稿においては、この電流制御技術のリモートフィールド渦電流探傷法に対して適用を検討した結果について報告する。検討は軸対象2次元有限要素法コードを用いた数値シミュレーションによって実施し、従来の信号振幅を用いたきず評価法に対する有効性を評価する。

2. 電流制御型リモートフィールド渦電流探傷法

電流制御型渦電流探傷法とは、同一周波数かつ深さ方向の浸透の度合いが異なる渦電流分布を重ね合わせることにより、表層部と深部とで流れる渦電流の位相が180度異なっており、かつ深さ方向の減衰の様子が指数関数的とはならない渦電流分布を形成することをその基本原理としている。さらに、電流の重ね合わせの比を変化させることで、電流の位相が急変する深さを制御することが可能となるため、信号重ね合わせ比と探傷信号の位相角との関係から、明瞭な信号変化をもってきず深さを評価することが可能となるというものである[5][6]。本研究においてはこのような電流制御技術のリモートフィールド渦電流探傷法に対する適用について、数値解析により検証を行うこととする。

解析体系をFig. 1に示す。壁面厚さ約3.3mmの磁性配管をリモートフィールド渦電流探傷法を用いて探傷したことを想定しており、配管の電磁気的特性は、導電率が3.5MS/m、比透磁率は110と設定した。プローブは1体の励磁コイルと、3mm間隔で配置された2体の検出コイルからなるものであり[7]、励磁周波数は250Hz、検査対象としては前周一様減肉を考慮し、その軸方向長さは10mm、深さは10-70%管壁厚みとした。

従来型のリモートフィールド渦電流探傷法においては、検出コイル1および検出コイル2の出力信号をそれぞれ V_1 、 V_2 とした場合、両者の差分値である $V_1 - V_2$ を傷信号として出力する。本電流制

御型リモートフィールド渦電流探傷法においては、 V_1 と V_2 を $\alpha:1-\alpha$ の比で逆相に重ね合わせた

$$V_{new} = \alpha V_1 - (1-\alpha)V_2 \quad (1)$$

を新たに計算し、 α の値と V_{new} の位相角変化の様子よりきず深さ評価を行うことの可能性を評価する。

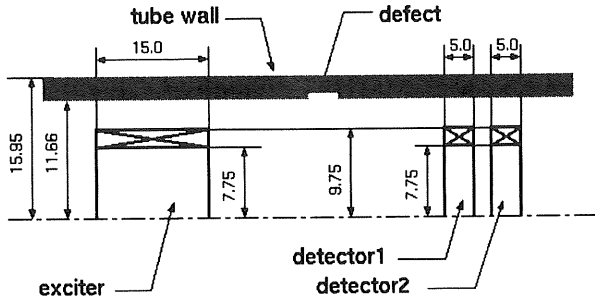


Fig. 1 Configuration of numerical simulations

得られた解析結果を Fig. 2, 3 に示す。Fig. 2 は管内壁面のきず、Fig. 3 は外壁面のきずであるが、いずれの場合も信号の重ね合わせ比の変化とともに位相角の急変が確認でき、また位相角が急変する α の値をきず深さの間には有意な相関があることが確認できる。また、きずが管壁内面側、外面側にあるかは信号の様子に大きな影響を与えていないことも確認できる。

3. 結言

対象物の内部に流れる電流分布を制御しつつ探傷を行う電流制御型リモートフィールド渦電流探傷法に関する検討を数値解析により実施した。解析の結果、電流制御型渦電流探傷法と同じく、きず深さに対応した位相角の急変が[5][6]得られることが確認された。今後きず長さなどの他のパラメータの影響、および検証試験を実施する予定である。

参考文献

- [1] T.R. Schmidt, "Remote field eddy current inspection technique". Materials Evaluation, Vol. 42, 1984, pp. 225-230.
- [2] B.A. Auld and J.C. Moulder. "Review of advances in quantitative eddy current nondestructive evaluation", Journal of Nondestructive Evaluation. Vol. 18, 1999, pp. 3-36.
- [3] N. Yusa, "Development of computational inversion techniques to size cracks from eddy current signals", Nondestructive Testing and Evaluation (to appear)
- [4] H. Fukutomi, T. Takagi, and M. Nishikawa. "Remote field eddy current technique applied to non-magnetic steam generator tubes". NDT&E international, Vol. 34, 2001, pp. 17-23.
- [5] L. Janousek, N. Yusa, and K. Miya. "Utilization of two-directional AC current distribution for

enhancing sizing ability of electromagnetic nondestructive testing methods". NDT&E international, Vol. 39, 2006, pp. 542-546.

- [6] 遊佐訓孝, Ladislav Janousek, 宮健三, "導体内交流電流分布制御によるきず深さ定量的評価の試み--実験的検証", 非破壊検査, Vol. 55, 2006, pp. 531-535.
- [7] O. Mihalache, T. Yamaguchi, M. Ueda, and T. Yamashita. "Experimental confirmation of 3D numerical simulations of remote field signal from defects in magnetic steam generator tubes". Review of Quantitative Nondestructive Evaluation, Vol. 25, pp. 391-398.

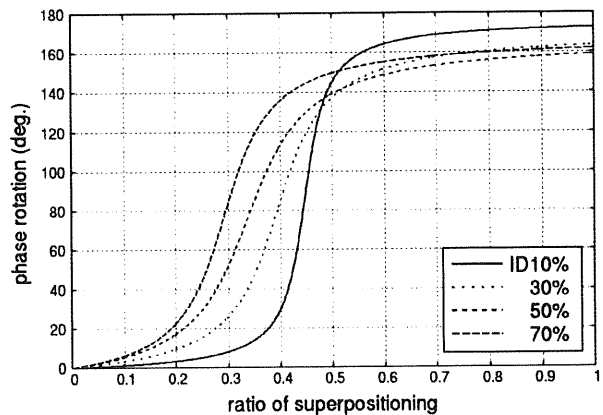


Fig. 2 Signals due to inner surface defects

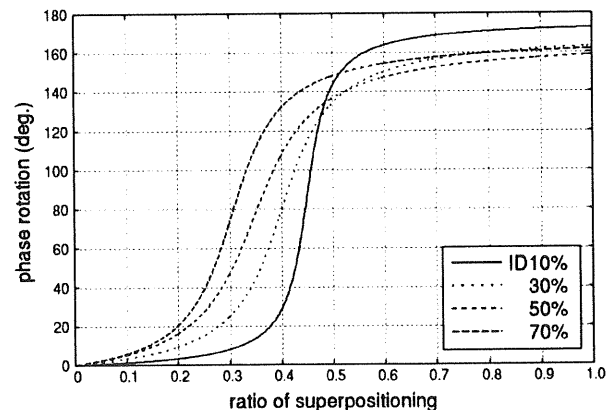


Fig. 3 Signals due to outer surface defects