

き裂進展モニタリングを目指した斜角電磁超音波-渦電流複合プローブの提案

Proposal of EMAT-EC Dual Probe for Monitoring of Crack Propagation

東北大学流体科学研究所 内一 哲哉 Tetsuya UCHIMOTO Member
東北大学流体科学研究所 高木 敏行 Toshiyuki TAKAGI Member
東北大学流体科学研究所 浦山 良一 Ryoichi URAYAMA

The authors have proposed a novel probe combining angle beam EMAT (Electromagnetic Acoustic Transducer) and EC (Eddy Current) Probe as a multi-probe with simple structure. In this paper, the structure of the above dual probe is improved in order to increase sensitivity of the probe as EC probe.

Keywords: Eddy Current Evaluation, Cast Irons, Matrix Structure, Mechanical Properties

1. 緒言

渦電流探傷試験(ECT)と超音波探傷試験(UT)は、欠陥サイジング精度の高い深さ領域について互いに補完しあう関係にあることが知られている[1]。このことに着目し、著者らは電磁超音波センサと ECT センサを複合させた電磁超音波-渦電流複合プローブを提案している。これまでに、超音波を斜め方向に発することが可能な斜角型電磁超音波-渦電流マルチプローブを試作し、疲労き裂の評価が可能なることを示した[2]。このプローブは、ミアンダ形状を有するコイルと永久磁石から構成されている。ミアンダコイルを用いるため、渦電流プローブとして用いる場合、感度が低いことが課題としてあげられる。

そこで本研究では、隣接する磁石の磁界方向が 180° 反転するように配置した磁石配列とソレノイド状あるいはスパイラル状のコイルから構成される複合プローブを検討する。本プローブ構造を採用することにより、コイル構造の単純化が可能となる。幅 1 mm の様々な深さのスリットを有する評価用試験片を用いて、電磁超音波探傷と渦電流探傷により評価し、そのサイジング能力を検証する。

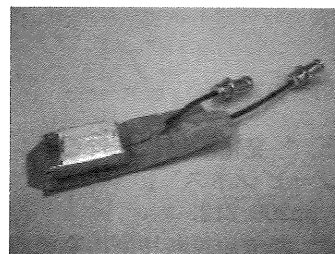
2. 斜角電磁超音波-渦電流複合プローブ

本研究で検討するプローブ構造では、磁石間隔 l でバイアス磁場の方向が反転する。磁石による磁場とコイルによる渦電流との相互作用により、試験体表面に

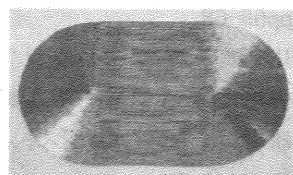
ピッチ l で位相が反転する超音波が発生し、

$\sin \theta = c/(2lf)$ によって定まる角度 θ に超音波が伝播する[3]。

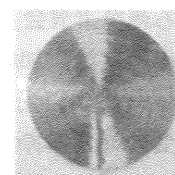
磁石間隔 l を変化させた数種類のコイルを製作し、最適なコイル形状を決定した。角度 θ とプローブの感度を勘案し、 $l=2\text{ mm}$ の磁石を採用した。図 1 にプローブの外観とプローブを構成するコイルを示す。プローブは、磁石、トラックフィールド型コイル、円形コイルから構成される。磁石は、 $2 \times 10 \times 20\text{ mm}$ の板状磁石 20 個を、極性を反転させて配列したものである。トラックフィールド型コイル、円形コイルは、共に 73 回巻きで単層構造となっており、幅が 22 mm である。超音波探傷ではトラックフィールド型コイルのみを超音波の送受信コイル、渦電流探傷ではトラックフィールド型コイルを励磁コイル、円形コイルを検出コイルとして用いる。



(a) EMAT-EC dual probe



(b) Racetrack-shaped driving coil



(c) Pickup coil

Fig. 1: Configuration of angle beam EMAT-EC dual probe.

連絡先: 内一 哲哉 〒980-8577 仙台市青葉区片平
2-1-1 東北大学流体科学研究所 電話:
022-217-5262 e-mail: uchimoto@ifs.tohoku.ac.jp

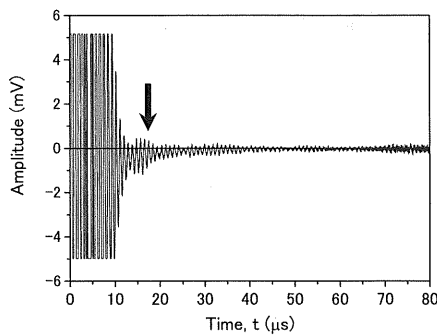


Fig. 2: Pulse-echo signal for 12 mm depth slit.

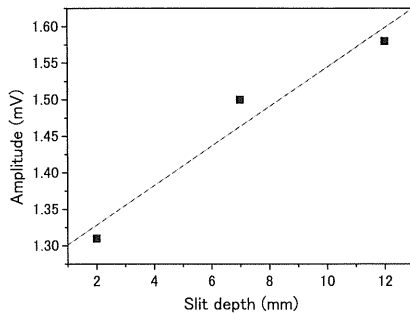


Fig. 3: Relation between slit depth and signal amplitude.

3. 複合プローブの性能評価

3.1 超音波探傷試験

2 mm, 7 mm, 12 mm の深さの EDM スリットを有する厚さ 20 mm のアルミニウム試験片を用いて複合プローブを用いた超音波試験を実施した。図 2 に矩形欠陥深さが 12 mm の時に、プローブをスリット直上からの距離 $x=26$ mm の位置に配置した際の、超音波波形を示す。図中に示す矢印のエコーが矩形欠陥によるエコーである。図 3 にエコー振幅が最大となる位置である $x=29$ mm での矩形欠陥によるエコーの振幅値と実際の矩形欠陥深さとの関係を示す。この図より、矩形欠陥の深さが深くなるに伴い、振幅も大きくなっていることが示され、エコー振幅によりスリット深さの評価が可能であるといえる。

3.2 渦電流探傷試験

10, 12, 16, 18 mm の深さの EDM スリットを有する厚さ 20 mm の SUS316 試験片を用いて複合プローブを用いた渦電流探傷試験を実施した。図 4 に裏側に深さ 10, 12, 16, 18 mm の矩形欠陥をおいたときの位相平面におけるプローブ電圧を示す。矩形欠陥の深さが深くなるに従い信号の大きさと位相が変化していることが分かる。また、深さ 18 mm と深さ 16 mm の矩形欠陥に対しては明らかに探傷が可能だと判断できる。しかし、深さ 12 mm の矩形欠陥に対しては信号が小さく、この図からは

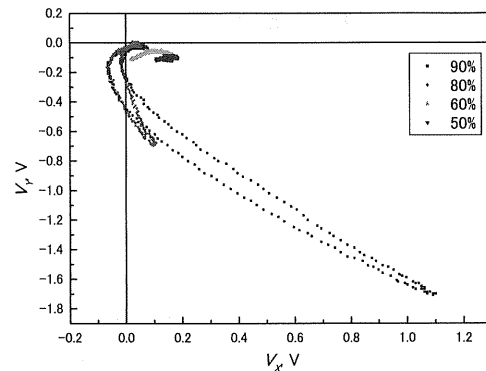


Fig. 4: Eddy current signals for outer defects.

探傷可能か判定するのは難しい。また、深さ 10 mm の矩形欠陥に対する信号については、ノイズと同じレベルの振幅であった。従って、深さ 12 mm 以上の裏側欠陥に対して探傷可能であるといえる。

4. 結言

本研究では、超音波を斜め方向に発することが可能な斜角型電磁超音波-渦電流マルチセンサを用いて幅 1 mm の深さ評価用試験片に対して超音波探傷と渦電流探傷を行った。検討したプローブは、磁石配列を隣接する磁石の磁界方向が 180° 異なるように配置したものである。本プローブ構造を採用することにより、コイル構造の単純化が可能となる。試験の結果、複合プローブを用いてき裂の深さが浅い時には超音波探傷を、深いときには渦電流探傷を行うことで、互いの探傷における欠点を補完し合い、様々な深さのき裂に対して評価可能であることを示した。

謝辞

本研究は日本保全学会「状態監視技術の高度化」に関する調査検討分科会の活動の一部である。

参考文献

- [1] D. Horn and W.R. Mayo : NDE Reliability Gains From Combining Eddy-Current And Ultrasonic Testing, NDT&E International, Vol.33 (2000), pp.351-362.
- [2] T. Uchimoto, T. Takagi, K. Suzuki, T. Sato, P. Guy and A. Casse, Evaluation of Crack Sizing Capability of Novel Combined System of Electromagnetic Acoustic Transducer and Eddy Current Probe, The Proceedings of ISSNP 2007, Tsuruga, Japan, July 9-11, 2007.
- [3] W.J. Pardee and R.B. Thompson, Half-Space Radiation by EMATs, Journal of Nondestructive Evaluation, Vol.1, No.3, pp. 157-181, 1980.