

炉内構造物検査用の渦電流探傷技術の開発

Development of Eddy Current Technique for Components in Reactor Pressure Vessel

日立製作所 電力・電機開発研究所

西水 亮 Akira NISHIMIZU、松井 哲也 Tetsuya MATSUI Member、

小池 正浩 Masahiro KOIKE

日立製作所 日立事業所

吉田 功 Isao YOSHIDA、野中 善夫 Yoshio NONAKA、

中村 基征 Motoyuki NAKAMURA

A flexible multi-coil eddy current testing (ECT) probe and a method for measuring the length of flaws have been developed for inspecting complex structures in the reactor pressure vessel of nuclear plants. The probe can be applied to curved surfaces that are larger than a curvature radius of 20 mm. And we propose the method for measuring the flaw length by introducing a decibel drop method of the ECT output signal. From the test results of various EDM notches using the probe and the measuring method, we found that the accuracy of the length sizing was within +/- 3 mm.

Keywords: Eddy Current Testing, Components in RPV, Flexible Probe, Flaw Length Sizing

1. 緒言

原子力発電プラントの高経年化に伴い、各種構造物の検査・診断の重要性が増してきている。各種構造物のうち炉内機器の検査においては、まず目視試験 (VT) を実施し、インディケーションが検出され、ひびかどうかの確認後、ひびの場合には超音波探傷試験 (UT) によりひび深さを確認している。しかし、UT の場合には、曲率を有する金属表面・表層部においてはひびの形状 (特に長さ) を把握することが難しい場合がある。

一方、金属表面・表層部の検査技術として、伝熱管検査などに渦電流探傷試験 (ECT) が適用されている。また、ECT の高速検査のためにマルチコイルプローブも開発、実用化されている [1] [2]。しかし、曲率半径 20mm までをひとつのプローブで対応可能としたものは無く、さらに、ECT によりひびの長さを評価する技術は確立されていない。

そこで本研究では、原子炉内の曲率を有する複雑形状部に適用可能なフレキシブルマルチコイルプローブを開発し、このプローブによる検出性とひび長さ評価法に関して検討した。以下、その結果を報告する。

連絡先: 西水 亮、〒319-1221 茨城県日立市大みか町 1-7-4 (株)日立製作所 電力・電機開発研究所
tel: 0294-52-9432、e-mail: akira.nishimizu.gg@hitachi.com

2. フレキシブルマルチコイルプローブ

フレキシブルマルチコイルプローブは、エッチングによる配線を施したフィルム基板をベースとして、その上に複数のコイルを配置した構造とすることで、平面から曲面部の表面に密着させることができる。コイル部には、結線部の防水処理及びコイルの保護を目的に、可撓性樹脂でコーティングが施されている。開発したプローブは、Fig.1 に示すように、十分な可撓性を持つことが分かる。次に、曲率半径 20mm の曲面に放電加工スリットを付与した試験体を用いて、このプローブの検出性を確認した。Fig.2 に試験体及び周波数 100kHz で 1 ライン走査して得られた C スコープ像を示す。この C スコープ画像より、曲面においても深さ 1 ~ 5 mm のスリットを十分な感度で検出できることが分かる。

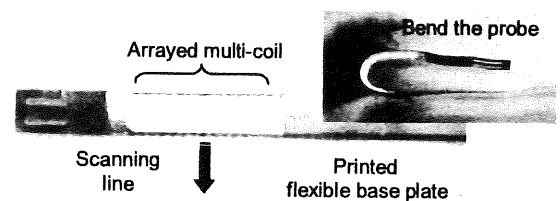
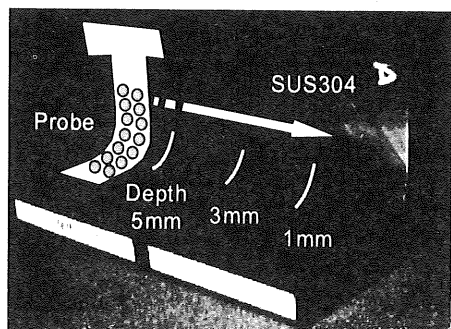
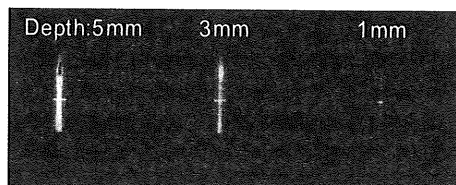


Fig. 1 Flexible multi-coil ECT probe



(a) Specimen (radius of curvature:20mm)



(b) C scope image

Fig. 2 Performance on curved surface

3. 長さ評価方法

Fig.3 に、放電加工スリットの上を通過するマルチコイルプローブ1要素 (図中白色) の検出電圧の長さ方向分布を示す。検出電圧の分布は、スリット両端で高くなる特徴を持つことから、この特徴に着目して、デシベルドロップ法によるひび長さ評価方法を開発した。

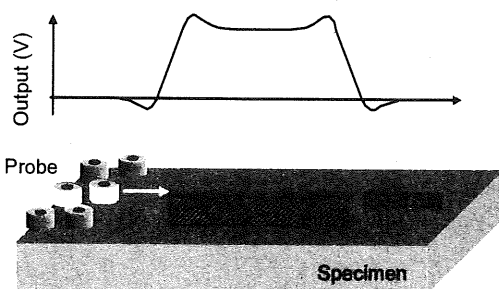


Fig.3 Output voltage with flexible multi-coil ECT probe

Fig.4 に、深さと形状 (矩形と半楕円) が異なる長さ 5 ~ 40 mm の放電加工スリットに対して、長さ評価を実施した例を示す。この試験結果により、スリット長さを誤差 ± 3 mm 以内の精度で評価できることが分かる。また、このプローブの検出電圧を利用した長さ評価法は、ひびの形状、深さの影響も小さいことから、応力腐食割れの長さ評価に有効であると考えられる。

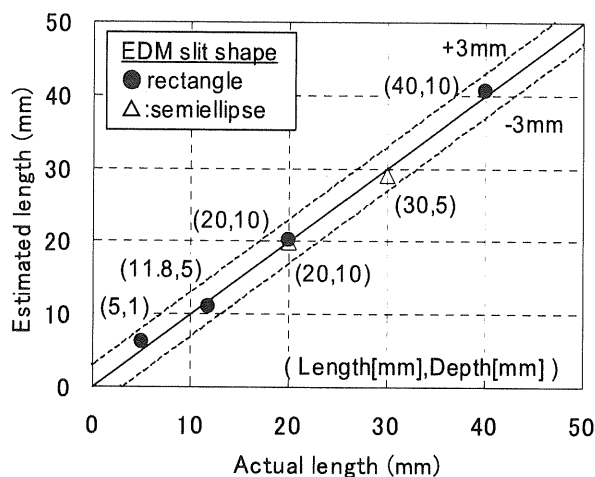


Fig.4 Length sizing result

4. 結言

- 1) 原子炉内の複雑形状部位を検査する渦電流探傷プローブとして、曲率半径 20mm まで密着可能なフレキシブル性を持つマルチコイル渦電流プローブを開発した。
- 2) 曲面への適用性として、曲率半径 20mm の曲面部に付与した深さ 1 ~ 5 mm の放電加工スリットを検出できることを確認した。
- 3) 長さ評価法として、デシベルドロップ法による試験を実施した結果、 ± 3 mm の誤差で長さを評価できることを確認した。

参考文献

- [1] 川田かよ子、川瀬直人、黒川政秋、浅田義浩、“インテリジェント ECT システム (蒸気発生器伝熱管検査用新型 ECT (渦流探傷) システム”、検査技術 6 月号(2005)、 pp.66-72.
- [2] 江原英治、“渦流アレイ探傷技術の生産ラインへの適用”、第 8 回表面探傷シンポジウム講演論文集、pp.121-126、2006.