

中性子束計測ハウジング向け渦電流探傷検証試験

Verification of Eddy Current Testing for In-Core Monitor Housing

東芝エネルギーシステムズ株式会社	小林 徳康	Noriyasu KOBAYASHI	Member
東芝エネルギーシステムズ株式会社	森川 史和	Fumikazu MORIKAWA	
東芝エネルギーシステムズ株式会社	藤田 友基	Tomoki FUJITA	Member
東芝エネルギーシステムズ株式会社	松川 大介	Daisuke MATSUKAWA	
東芝エネルギーシステムズ株式会社	糟谷 高志	Takashi KASUYA	
東芝エネルギーシステムズ株式会社	土橋 健太郎	Kentaro TSUCHIHASHI	

Abstract

We verified that the eddy current testing (ECT) has the enough detectability for defects on the heat affected zone (HAZ) in welding of in-core monitor (ICM) housing inner surfaces for a special inspection involved in long-term operation. It is presumed that a detectability of ECT is decreased because a HAZ of ICM housing inner surfaces is deformed by welding. We conducted full-scale defect detection tests using the simulated ICM housing specimen with the welded part, the rotational ECT probe and the probe moving equipment and confirmed that the ECT detected defects of 0.5 mm in depth despite the existence of inner surface deformations.

Keywords: Non-destructive inspection, Eddy current testing, Heat affected zone, In-core monitor housing, Nuclear reactor

1. 緒言

国内原子力発電プラントで40年を超えて運転するために必要な運転期間延長認可申請では特別点検が要求されており、沸騰水型軽水炉における点検項目の一つとして、中性子束計測(ICM: In-Core Monitor)ハウジング内面溶接熱影響部における応力腐食割れに着目した渦電流探傷試験(ECT: Eddy Current Testing)による欠陥有無の確認がある[1]。ICMハウジングは溶接により原子炉圧力容器(RPV: Reactor Pressure Vessel)底部の貫通孔に取り付けられている[2]。そのため、本部位では、溶接による内表面の変形が想定される。一般的に、ECTプローブと変形した内表面との間隔の変化はECT探傷結果の中に欠陥による信号以外の擬似的な信号として現れ、欠陥検出性能に影響を与える[3][4]。そこで、溶接による変形を再現し、内面に模擬欠陥を付与した実規模ICMハウジング模擬試験体とECTプローブ、およびICMハウジング内面でプローブを走査させる駆動装置を試作し、ECTによる欠陥検出性能を検証した。

連絡先: 小林徳康、〒235-8523 横浜市磯子区新杉田町8、
東芝エネルギーシステムズ株式会社
原子炉システム・量子応用技術開発部
E-mail: noriyasu.kobayashi@toshiba.co.jp

2. 試験装置および方法

2.1 溶接試験体

ICMハウジングの溶接部を模擬した試験体の概略図をFig. 1に示す。ICMハウジング模擬部は外径約50 mm、内径約40 mm、長さ約130 mmの円筒であり[2]、中央に肉盛座模擬部(検査性への大きな影響の無い範囲で入手性等を考慮して材質を選定)との溶接部、両端に実機長に合わせて伸長するためのフランジがある。また、内面溶接熱影響部周方向の向かい合う位置に、管軸方向(0°)と管軸から22.5°傾いた方向に伸びる長さ約10 mm、深さ約0.5 mm、幅約0.25 mmの二本の放電加工(EDM: Electrical Discharge Machining)スリットを有する。内面の径方向変形量は収縮、膨張共に約1 mmである。

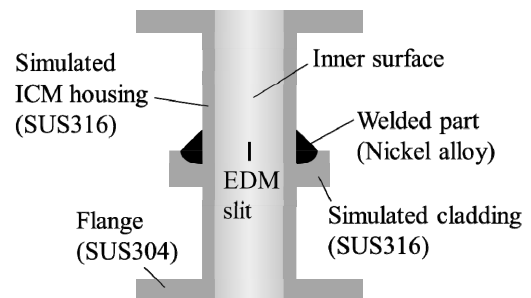


Fig.1 Schematic of welded specimen

2.2 渦電流探傷プローブ

ECTプローブとして、同一形状である二個のクロスコイル[4]を搭載した回転プローブ[3][5]を試作した。クロスコイルにおける欠陥検出感度は、コイルと欠陥長手方向との相対的な位置関係に依存する。そのため、被検査面に対する設置方向が45°異なる二個のコイルを、回転プローブ周方向の180°対向する位置に配置した。ICMハウジング内面の変形を想定し、ばねでコイルを被検査面に押し付ける構造とした。

2.3 プローブ駆動装置

ICMハウジング内面の溶接熱影響部へのアクセスは、上方(RPV内側)からと下方(ペDESTAL側)からのどちらも可能であるが、本試験では代表として後者を模擬したプローブ駆動装置を試作した(Fig. 2)。ICMハウジングのフランジ模擬部に取り付けた対比試験片[4]の下側からECTプローブを挿入する。ECTプローブには、昇降台座に着脱可能なポールが接続され、昇降台座の上下移動によりECTプローブをICMハウジング内面で軸方向に動かす。ICMハウジングのフランジ模擬部から被検査面である溶接部内面までの高さに応じてポールを追加接続する構造である。

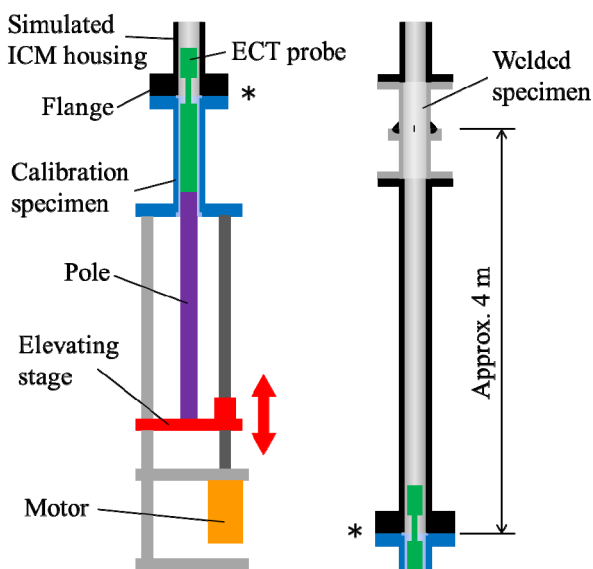


Fig.2 Schematic of probe moving equipment

2.4 試験方法

Fig. 2 右図に示すように、ICMハウジングフランジ模擬部の上部約4mの位置に溶接試験体を取り付けて実規模スケールの探傷試験を行った。クロスコイルを自己誘導形自己比較方式[3][4]、周波数500kHzで動作させ、探傷

試験指針に基づく模擬欠陥を付与した対比試験片を用いた基準感度、位相角設定の後[4]、溶接試験体の溶接部近傍内面の軸方向45mm範囲を全周にわたり探傷した。

3. 試験結果

探傷試験結果のCスコープ表示[4]をFig. 3に示す。溶接試験体に付与した二本のEDMスリットからの明確な指示を確認した。また、これらの指示の強度は、探傷試験指針が原則的な欠陥の疑いのある指示部の抽出基準と定める基準感度の20%以上であった[4]。以上の結果から、ICMハウジング内面に約1mmの変形が存在していても、長さ約10mm、深さ約0.5mmのEDMスリットをクロスコイルにて検出できることを確認した。

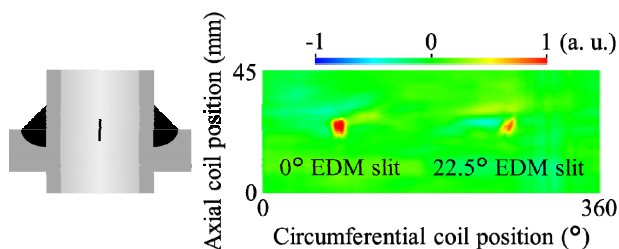


Fig.3 C scope image for EDM slits

4. 結言

溶接による内表面の変形を考慮したICMハウジング模擬試験体を用いてECTによる実規模探傷試験を行い、ICMハウジング内面溶接熱影響部に対してECTが十分な欠陥検出性能を有することを検証した。

参考文献

- [1] 原子力規制委員会編、“実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド”、2013。
- [2] 出町和之編、“原子力保全工学”、オーム社、2010。
- [3] 日本非破壊検査協会編、“渦流探傷試験Ⅲ”、日本非破壊検査協会、2003。
- [4] 日本電気協会原子力規格委員会編、“原子力発電所用機器における渦電流探傷試験指針”、JEAG4217-2010、日本電気協会、2010。
- [5] 日本電気協会原子力規格委員会編、“軽水型原子力発電所用蒸気発生器伝熱管の供用期間中検査における渦流探傷試験指針”、JEAG4208-2005、日本電気協会、2005。