

# クラディング下部の欠陥検出 ECT プロブの開発

Development of eddy current probe for crack detection under SUS cladding

職業能力開発総合大学校 板羽 正浩 Masahiro ITABA Student Member  
職業能力開発総合大学校 泉 康博 Yasuhiro IZUMI Student  
職業能力開発総合大学校 橋本 光男 Mitsuo HASHIMOTO Member

We examined the detection method of cracks in the lower layer of cladding of the nuclear reactor pressure vessel, and tried an application of eddy current testing. The cladding processing produces noise by magnetic permeability. By this study, we developed a uniform eddy current probe aimed at detecting cracks of the pressure vessel.

**Key word :** Eddy current testing, Pressure vessel

## 1. はじめに

原子炉圧力容器のクラディング下部に生じるき裂の検出法を検討した。圧力容器の表面にはクラディング溶接が施されているため、金属組織の不均一があり超音波探傷の適用が難しいとされている。そこで渦電流探傷の適用を試みた。しかしクラディング処理によるマルテンサイト変態による透磁率のむら及び導電率のむらが生じこのノイズの除去が必要になる。そこで本研究では、圧力容器のクラディング下の割れを検出することを目的とした一様渦電流探傷プロブの開発を行ったので報告する。

## 2. プロブの開発

一様渦電流励磁を用いた厚肉対応センサは、一様な渦電流をより深くまで浸透させるように工夫したセンサである。

一様渦電流励磁を用いた厚肉対応センサの応用としてクラディング下の欠陥検出を目標とした、磁化一様渦電流センサを開発した。クラディングは溶接層により作られているため、その磁性ノイズが大きい。そこで、磁気ノイズを軽減することを検討した。ノイズはステンレス材の溶接によるマルテンサイト化による

磁性ノイズが考えられる。そこでノイズ低減を目的としてセンサに磁石を挿入し、磁化することによりノイズを低減させる永久磁石をコアとした一様渦電流センサを開発した。励磁コイルは縦 45mm、横 25mm、厚さ 12.5mm で約 7000 ガウスのネオジウム磁石をコアにし、巻き数 400turn、検出コイルは半径 1.1mm のパンケーキ型、巻き数 140turn を五つ直列接続した。

## 3. 実験方法

図-1 に本試験に用いたクラディング部模擬試験体の寸法を示す。この試験体は炉内圧力容器内側のクラディング溶接部を模擬したものである。試験体は、厚み 70mm の炭素鋼に、長さ、深さが異なる EDM スリットを設け、この面全体に溶接層を設けてある。プロブを XY テーブルにより移動し 2 次元計測を行った。

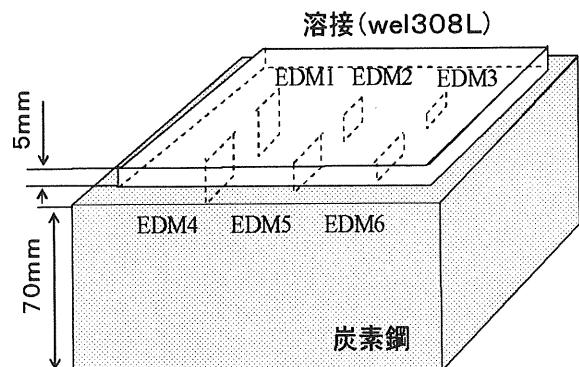


図-1 クラディング部模擬試験体

連絡先：橋本光男 〒229-1196 神奈川県相模原市橋本台 4-1-1

職業能力開発総合大学校、電話：042-763-9133

E-mail: hasimoto@uitek.ac.jp

## 4. 実験結果

従来のプローブを用いて、クラディング試験体の検査を行ったがノイズが大きく全く傷は計測されなかった。そこでノイズ分布を測定した。表面の磁気ノイズ、溶接方向を計測するために図-2 にパンケーキコイルを用いた絶対値プローブでノイズを計測した結果を示す。この図からわかるように溶接部に沿ってノイズが存在していることがわかる。これはクラディング溶接によりマルテンサイト化された組織が溶接線方向に存在するため、このノイズが大きいことがわかる。次に図-3 に永久磁石入り絶対値プローブの計測結果を示す。図-2 と比べて、永久磁石により磁気ノイズが低減されることを確認した。これは、磁石によりマルテンサイト組織が磁化され、磁性ノイズが低減されたことによる。図-2 と図-3 のノイズのレベルをみると、1桁以上ノイズが低減していることがわかる。図-4 に永久磁石コア様渦電流プローブの計測結果を示す。試験周波数は2kHzを用いた。図中にきずの位置を黒線で示しているが、すべてのきずが明瞭に検出できた。また、位相を補正することにより、ノイズと信号を分離することができた。渦電流は、溶接線に対して垂直方向に流すと溶接部の磁性を受けにくい特性も利用している。S/N比は一番大きいきずであるEDM6(きず深さ15mm、長さ20mm)では12.6、一番小さいきずであるEDM1(きず深さ5mm、長さ10mm)では8.6であった。

## 5. 結言

クラディングの下の圧力容器の割れを検出するECTプローブを開発した。クラディングのため傷の検出が困難とされてきたがプローブの工夫で傷の検出を可能にした。

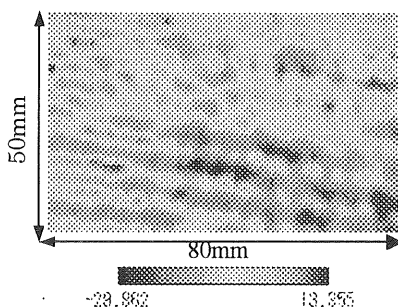


図-2 絶対値プローブによるノイズ計測 (100kHz)

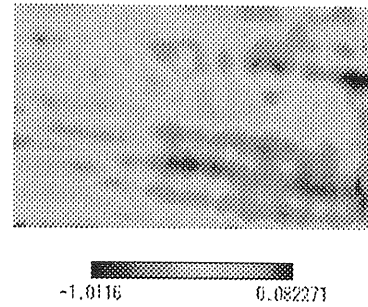


図-3 永久磁石絶対値プローブによるノイズ計測 (100kHz)

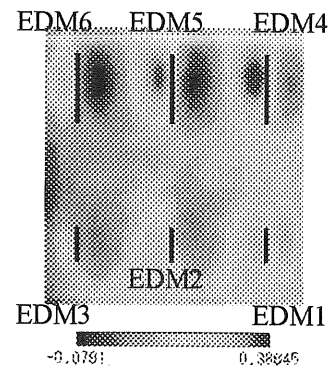


図-4 クラディング部模擬試験体測定結果 (2kHz)

## 謝辞

本研究は「平成16年度 革新的実用原子力技術開発提案公募事業」で実施した一部である。試験片の作製においては日立製作所の松井哲也氏、西水亮氏に大変お世話になりました。お礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] 橋本光男, 福岡克弘, 山田陽介, 浅井晃一, 西水亮, 小池正浩, 松井哲也, 「厚肉材用一様渦電流プローブの開発と評価」, 日本原子力学会「2004年春の年会」(岡山), pp423, 2004, 3月
- [2] 永田泰崇, 山田陽介, 橋本光男, 福岡克弘「溶接部検査用のECTマルチプローブの開発」, 第14回電磁力関連のダイナミックシンポジウム, pp603-606, 2002, 5月
- [3] 石岡賢二, 水上直樹, 重岡和隆, 浅井晃一, 山田陽介, 橋本光男, 「SCCの数値解析モデル化の検討」表面探傷技術による健全性診断に関するシンポジウム, pp13-16, 2004, 1月