

## 改良ステンレス鋼燃料被覆管の BWR 装荷に向けた研究開発 (2)

### 5) 溶接法・検査方法の検討

#### R&D of advanced stainless steels for BWR fuel claddings

#### 5) Welding and inspection

\*木村 晃彦<sup>1</sup>、湯澤 翔<sup>1</sup>、藪内 聖浩<sup>1</sup>、坂本 寛<sup>2</sup>、平井 睦<sup>2</sup>、鶴飼 重治<sup>3</sup>、山下 真一郎<sup>4</sup>、草ヶ谷和幸<sup>5</sup>

<sup>1</sup>京都大学、<sup>2</sup>NFD、<sup>3</sup>北海道大学、<sup>4</sup>原子力機構、<sup>5</sup>GNF-J

改良ステンレス鋼製燃料被覆管の製造・加工のうち、接合技術に関する技術成熟度及び課題を検討した。また、照射燃料製造と品質検査技術への影響評価に必要となる欠落データの内の、被覆管接合部の品質検査として、改良ステンレス鋼に対し、被覆管に採用されている EB 溶接法や TIG 溶接法を用いて被覆管端栓接合処理を行い、接合組織や接合強度を調査した。さらに、作製した被覆管端栓接合部の X 線 CT 検査を実施し、接合強度と検査結果との相関性を検討した。

**キーワード**：事故耐性、燃料被覆管、酸化物分散強化フェライト鋼、EB 溶接、X 線 CT 検査

#### 1. 緒言

事故耐性の高い軽水炉燃料被覆管の開発においては、接合技術が重要な技術開発項目とされている。本研究では、ODS 鋼被覆管の端栓溶接法として従来の被覆管に採用されている TIG 溶接法や EB 溶接法を用いて端栓溶接被覆管の端栓接合強度を評価し、さらに端栓部に対し X 線 CT 検査を実施して接合強度と接合組織の相関について検討することを目的とする。

#### 2. 実験方法

ODS 鋼の管材と端栓用材料 (ODS 鋼および SUS430) を用いて EB および TIG 溶接を行い、その破断強度を調査した。用いた ODS 鋼は、FeCrAl-ODS 鋼であり、熱間押し出し材の室温における降伏応力および最大引張応力は、それぞれ 900MPa および 1100MPa である。一方、管材は再結晶処理を施しており、この ODS 鋼に関しては再結晶化が進み、強度がやや低下している。溶接接合部の強度要件については、燃料ふるまい解析 (9×9 燃料 (A 型) の場合) 結果に基づき、端栓部の接合強度要件について耐震強度を考慮して検討した。

#### 3. 結果

(1) 3 種類の溶接試験体 (FeCrAl-ODS 鋼被覆管・SUS430 鋼端栓 (EB 溶接)、FeCrAl-ODS 鋼被覆管被覆管・FeCrAl-ODS 鋼端栓 (EB 溶接)、FeCrAl-ODS 鋼被覆管・SUS430 鋼端栓 (TIG 溶接)) の室温における引張試験を実施し、破断強度および破断ひずみを調べた結果、以下の結果が得られた。

- 1) ODS/SUS (EB)：破断応力=730 MPa、破断ひずみ=6%以上
- 2) ODS/ODS (EB)：破断応力=430 MPa、破断ひずみ=2%
- 3) ODS/SUS (TIG)：破断応力=430 MPa、破断ひずみ=2%

(2) 軽水炉における燃料棒の内圧評価結果に基づき、ODS 鋼燃料被覆管の端栓接合部の強度要件について調べた結果、溶接接合部の管長手方向の引張耐力としての要件は、0.46G (450gal) の加速度を考慮しても、約 165 MPa であり、上記(1)-1)の結果に比べ、耐震強度 1/3 強度を適用しても小さい。

(3) X 線 CT 検査結果と引張試験結果から、総欠陥数や欠陥の平均体積などの統計的数値を用いて破断応力や破断伸びを推測できる可能性が示された。今後、430MPa から 750MPa の範囲の接合強度を持つ溶接試験体を作製して、X 線 CT 検査を実施し、統計的数値と破断応力や破断伸びとの相関性を確認することで、統計的数値に基づく検査基準評価方法を開発する必要がある。

本研究発表の一部は、経済産業省資源エネルギー庁の平成 28 年度発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業 (安全性向上に資する新型燃料の既存軽水炉への導入に向けた技術基盤整備) の成果である。

\*Akihiko Kimura<sup>1</sup>, Sho Yuzawa<sup>1</sup>, Kiyohiro Yabuuchi<sup>1</sup>, Kan Sakamoto<sup>2</sup>, Mutsumi Hirai<sup>2</sup>, Shigeharu Ukai<sup>3</sup>, Shinichiro Yamashita<sup>4</sup>, and Kazuyuki Kusagaya<sup>5</sup> <sup>1</sup>Kyoto Univ., <sup>2</sup>NFD, <sup>3</sup>Hokkaido Univ., <sup>4</sup>JAEA, <sup>5</sup>Global Nuclear Fuel Japan