

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

(6) 溶接法・検査方法の検討

R&D of advanced stainless steels for BWR fuel claddings

(6) Welding and inspection

*木村 晃彦¹、坂本 寛²、平井 睦²、鶴飼 重治³、山下 真一郎⁴、草ヶ谷和幸⁵

¹京都大学、²NFD、³北海道大学、⁴原子力機構、⁵GNF-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、既存の接合技術を用いて接合処理を行い、接合組織や接合強度を調査した。さらに、従来接合方法による ODS 鋼の接合性とその性能の妥当性について検討した。従来接合方法のうち、被覆管に採用されている EB 溶接の可能性について検討した。

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、溶接・検査技術

1. 緒言

ODS 鋼の溶接法は、熔融に伴う ODS 鋼の特性劣化を防ぐため、固相状態で溶接する方法が主流であり、特に高温域での高性能が求められる超臨界圧水炉や高速炉などの次世代原子力システム用の被覆管として開発が進められている。一方、軽水炉事故耐性型燃料被覆管においては、運転温度が最高でも 400℃であり、溶接接合部の強度要件については先進原子力システム用とは異なる。本研究では、まず、端栓部の接合強度要件について検討し、次に端栓を EB 溶接した被覆管の端栓接合強度を評価することを目的とする。

2. 実験方法

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検討した。また、すでに作製済みの FeCrAl-ODS 鋼の管材と端栓用材料 (SUS430) を用いて EB 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、強度はやや低下している。

3. 結果

(1) 従来の ODS 鋼の溶接技術 (固相拡散、摩擦攪拌) 開発研究および再結晶挙動研究結果を調査した結果、現状では、固相拡散接合法は ODS 鋼の接合強度を母材並みに維持することができるが、摩擦攪拌接合では、母材の 85%の接合強度になる。

(2) FeCrAl-ODS 鋼の加圧抵抗溶接性を評価した結果、FeCrAl-ODS 鋼の溶接性は FeCr-ODS 鋼に比べ、好ましくないことが判明した。今後は、FeCrAl-ODS 鋼に対し、適切な溶接条件を探索する必要がある。また、電極の形状や材料の表面研磨状況の影響についても明らかにしていく必要がある。

(3) FeCrAl-ODS 鋼被覆管の端栓溶接において、既存の溶接技術 (EB 溶接) を用いて溶接部の評価を行った結果、図 1 に示すように、両端を端栓 EB 溶接した試験体 5 体の全てが被覆管で破損し、溶接部では全く破壊が進行しなかった。報告では、溶接部の組織や強度評価結果について考察する。



図 1:EB 溶接した被覆管・端栓接合体の室温引張試験した場合の破断の様子

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 27 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 Kimura¹, Sho Yuzawa¹, Kiyohiro Yabuuchi¹, Kan Sakamoto², Mutsumi Hirai², Shigeharu Ukai³, Takeji Kaito⁴, and Kazuyuki Kusagaya⁵

¹Kyoto Univ., ²Nuclear Fuel Development, ³Hokkaido Univ., ⁴Japan Atomic Energy Agency, ⁵Global Nuclear Fuel Japan