

水中爆接法で作製した W/F82H 被覆材における照射硬化の抑制現象 Suppression of irradiation hardening in W-coated F82H produced by underwater explosive-welding

*関 航太郎¹, 外本 和幸², 田中 茂², 小柳 孝彰³, 吉田 健太¹, 長谷川 晃¹, 近藤 創介¹,
余 浩¹, 荻野 靖之¹, 笠田 竜太^{1,4}
¹東北大学, ²熊本大学, ³ORNL, ⁴NIFS

本研究は、水中爆接法によって作製した W/F82H 被覆材の機械特性に及ぼす中性子照射の影響を明らかにすることを目的とする。W/F82H 被覆材の界面近傍における中性子照射前後でのビッカース硬さ変化を評価した結果、照射硬化の抑制が確認され、爆接時に導入された歪みの緩和が原因であると示唆された。

キーワード: 水中爆接, タングステン被覆, 中性子照射, 照射硬化, ビッカース硬さ試験

1. 背景・目的

核融合炉ブランケットの第一壁材料として、基材となる低放射化フェライト鋼にタングステン材料を被覆した W/F82H 被覆材が開発され、熱伝導特性や機械特性について研究されている。しかし、中性子照射後の W/F82H の機械特性に関する知見は多くない。本研究では、水中爆接材における中性子硬化を調べ、W/F82H 及びそれらの界面の照射硬化感受性に及ぼす接合の影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

水中爆接法で作製した 3×3×3mm の W/F82H に対して中性子照射を実施した。硬さ試験はビッカース試験及びナノインデンテーションを行った。ビッカース硬さ試験は、荷重 980mN、保持時間 15 秒とした。ナノインデンテーションは、荷重 30mN、ステップサイズ 7μm とした。微細組織観察・解析は電子線後方散乱回折 (EBSD) 法、電子プローブマイクロアナライザー (EPMA) 及び WB-STEM を用いた。中性子照射は BR2 及び HFIR を用いた。BR2 では、照射温度 100~150 及び 290℃とし、最大照射量を $1.27 \times 10^{24} [\text{/m}^2]$ とした。HFIR では、照射温度 600℃とし、最大照射量を $21.5 \times 10^{24} [\text{/m}^2]$ とした。

3. 結果・考察

未照射材に対するビッカース硬さ及びナノインデンテーション結果より、W/F82H はタングステン領域、界面領域、F82H 領域に加えて、F82H 硬化領域 (Under-Clad Hardened : UCH 領域) の 4 種類の領域に分けられることが確認された。EPMA 解析結果より UCH 領域は F82H 領域と顕著な差は見られなかったが、EBSD 結果より UCH 領域は F82H 領域より測定不能領域が多く、高い歪みを有することが示唆された。また、硬さ試験後の W/F82H 界面領域には亀裂が確認されなかったが、タングステン領域の結晶粒界には亀裂が生じる傾向にあり、界面強度はタングステンの粒界強度よりも高い傾向にあることが示された。

中性子照射前後の硬さと比較すると、全ての領域で照射による硬化が抑制されていた。一方で、WB-STEM よりタングステン領域及び界面領域には照射欠陥が導入されていることが確認されたため、照射による硬化と同時に軟化が起きていることが示唆された。照射による軟化の原因は、水中爆接によって導入された加工硬化あるいは弾性歪みが照射によって緩和したことであると示唆された^[1]。

参考文献 [1] Fujii K, et al. *J Inst of Nucl Saf Syst*. 2011;18:198-210.

*Kotaro Seki¹, Kazuyuki Hokamoto², Shigeru Tanaka², Takaaki Koyanagi³, Kenta Yoshida¹, Akira Hasegawa¹, Sosuke Kondo¹, Hao Yu¹, Yasuyuki Ogino¹, Ryuta Kasada^{1,4}

¹Tohoku Univ., ²Kumamoto Univ., ³ORNL, ⁴NIFS.