

先進的ろう付接合法を応用した タングステンと低放射化フェライト鋼の接合技術によるダイバータ受熱機器開発

Development of the Divertor Heat Removal Component with W and RAFM steel by the Advanced Brazing Technique

*山下 東洋¹, 時谷 政行², 浜地 志憲², 能登 裕之², 増崎 貴², 室賀 健夫²,
FFHR 設計グループ²

¹総合研究大学院大学, ²核融合科学研究所

核融合炉のダイバータにおけるバッフル及びドーム構造部の除熱コンポーネントの開発のため、先進的ろう付接合法[1]を応用し、中間緩衝材料として純銅(Cu)を用いてタングステン(W)と低放射化フェライト(RAFM)鋼の接合試験を行い、マクロ亀裂などが無い健全な接合接手が得られた。

キーワード：先進的ろう付接合法, タングステン, 低放射化フェライト鋼, ダイバータ, 伝熱特性

1. 緒言

核融合炉のダイバータは、炉心プラズマからの高熱粒子束を受け止めて除熱する役割と、不純物を排気する役割がある。前者の役割を担う「ダイバータ受熱機器」は、ストライクポイントに位置し、特に除熱特性が要求されるターゲット構造部と、炉心プラズマを直接見込む場所に位置し、特に耐中性子負荷特性が要求されるバッフル及びドーム構造部で構成される[2]。本研究では、スパッタリング耐性に優れたタングステン(W)をアーマー材料に、耐中性子照射特性に優れた低放射化フェライト鋼(RAFM 鋼：JLF-1)をヒートシンクとしたバッフル及びドーム構造部の対向機器開発を目的としている。それにはWとJLF-1を接合する必要があるが、両材料は熱膨張係数が異なるため、接合熱処理中に生じる残留熱応力により、接合部に亀裂などの欠陥が生じる問題がある。本研究では「先進的ろう付接合法」[1]を応用することにより、残留熱応力を緩和させつつ強靱な接合継手を形成する条件を見出した。

2. 実験

WとJLF-1接合において、残留熱応力を緩和させる目的で、中間緩衝材として純銅(Cu)を用いたWとJLF-1の接合試験(W/Cu/JLF-1)を行った。W/Cu界面およびCu/JLF-1界面の接合にはそれぞれ先進的ろう付接合法と同様のろう材BNi-6(Ni-11%P)および接合熱処理条件を適用した。接合熱処理後、W/Cu/JLF-1の接合状態を評価するため、各接合部に対してマイクロスケールの組織観察、組成分析、ビッカース硬さ試験を実施した。また、接合試験体に電子ビーム熱負荷試験を実施し、各接合界面及び接合層の伝熱特性を評価した。

3. 結果・考察

W/Cu/JLF-1の接合試験を行った結果、マクロ亀裂のない接合体が得られた。W/Cu/JLF-1における組織観察、組成分析、ビッカース硬さ試験の結果、各接合界面近傍にろう材成分であるNiとPが残留しており、残留領域では、母材の硬さよりも硬くなっていた。電子ビーム熱負荷試験の結果、熱負荷値に対して連続する温度上昇傾向が見られたため、W/Cu/JLF-1の接合構造内に熱伝導を阻害する欠陥は存在しないと考えられる。本結果により、純銅(Cu)を中間緩衝材とするろう付接合方法が確立されたため、今後は銅合金等の機械的特性の異なる材料を中間緩衝材として用いた接合試験を実施する予定である。

参考文献

[1] M. Tokitani et al., Nucl Fusion 57 (2017) 076009

[2] N. Asakura et al., Nucl Fusion 57 (2017) 126050.

*Toyo Yamashita¹, Masayuki Tokitani², Yukinori Hamaji², Hiroyuki Noto², Suguru Masuzaki², Takeo Muroga², the FFHR design group²

¹SOKENDAI, ²NIFS