

AMSB新構造ダイバータ受熱機器試験体のLHDダイバータプラズマへの照射試験 Irradiation test of the AMSB new divertor heat removal component to the LHD divertor plasma

時谷政行¹, 浜地志憲¹, 平岡 裕², 増崎 貴¹, 田村 仁¹, 能登裕之¹, 田中照也¹,
恒吉達矢³, 辻 義之³, 室賀健夫¹, 相良明男¹, FFHR設計グループ¹,
林 祐貴¹, 本島 巖¹, 林 浩己¹, 村瀬尊則¹, 森崎友宏¹, LHD実験グループ¹
M. Tokitani¹, Y. Hamaji¹, Y. Hiraoka², S. Masuzaki¹, H. Tamura¹, H. Noto¹, T. Tanaka¹,
T. Tsuneyoshi³, Y. Tsuji³, T. Muroga¹, A. Sagara¹, FFHR Design Group¹,
Y. Hayashi¹, G. Motojima¹, H. Hayashi¹, T. Murase¹, T. Morisaki¹, LHD Experiment Group¹

¹ 核融合科学研究所, ² 岡山理科大学, ³ 名古屋大学

¹ National Institute for Fusion Science, ² Okayama University of Science, ³ Nagoya University

これまでに、BNi-6(Ni-11%P)ろう材を使用し、タングステン(W)と酸化物分散強化銅(ODS-Cu; GlidCop[®])を中間緩衝材無しで直接ろう付接合を行う「先進的ろう付接合法」を開発し、ダイバータ受熱機器開発を行ってきた[1]。その後、「先進的ろう付接合法」を高度化して、GlidCop[®]同士(GlidCop[®]/GlidCop[®])、あるいは、ステンレス鋼(SUS)と GlidCop[®](SUS/GlidCop[®])の接合において、流体漏れの無い完全リークタイトな接合継手の製造を可能とする技術開発に成功した。本接合技術は、①完全リークタイトな封止構造、②リークタイト接合部は面で接合可能、③熱応力や冷却水圧に耐える接合接手強度、④接合部は繰り返しろう付熱処理を受けても劣化しない、という4つの特徴を同時に満たすものであり、これらの特徴を取り入れた新しいろう付接合法「先進多段階ろう付接合法(Advanced Multi-Step Brazing: AMSB)」を開発した。

図 1(a)および(b)は、AMSB を用いて製造した W/GlidCop[®]製新構造ダイバータ受熱機器試験体の実物写真と断面図である。SUS/GlidCop[®], W/GlidCop[®]の順に2段階のろう付接合を用いて製造された。GlidCop[®]製ヒートシンクは矩形の冷却流路を有していること、冷却流路上壁にV型スタaggerドリップ構造が切削加工されていることが特徴である。これにより、冷却流路を流れる冷却水に旋回流が生じ、高い除熱効率が得られる[2]。

本試験体の除熱性能を評価する目的で、核融合科学研究所に既設の電子ビーム熱負荷試験装置(ACT2)による定常熱負荷試験を実施した。冷却水条件は、「流速：~6.9 m/s, 入口圧力：~0.5 MPa, 入口温度：室温」とし、図 1(a)の W 表面に四角形で色付けしている領域に最大で~30 MW/m² の定常熱負荷を印可した。~30 MW/m²においても、厚さ 5 mm の W 平板中心部の温度は~1200°C, W 直下の GlidCop[®]の温度は~400°Cであり、構造的に問題無い温度範囲に維持された。

次に、本試験体の実機装置での除熱性能および

信頼性を確認する目的で、冷却水を流しながら大型ヘリカル装置(LHD)のダイバータプラズマへの照射実験を実施した。図 2 に、照射後の全体像とダイバータストライクポイント近傍の拡大像を示す。照射実験では、本除熱機器試験体を3体並列に並べた状態で可動式の試料駆動装置を用いてダイバータストライクポイント位置まで挿入し、合計 1180 shot のプラズマに曝露した。ダイバータプラズマの磁力線は、W アーマーに対して45度程度の角度で入射された。取り出した後のタングステン表面にはマイクロスケールのクラックやユニポーラアークの痕跡が見られたが、ミリメートルスケールの損傷および冷却水漏れなどは確認されなかった。以上の結果より、十分な除熱性能と信頼性が証明された。

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

[2] T. Tsuneyoshi et al., JSFM (2015) C11-1

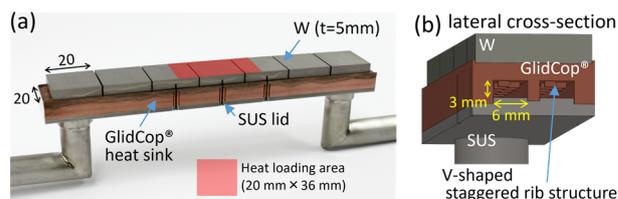


図 1. (a)AMSB を用いて製造した W/GlidCop[®]製新構造ダイバータ受熱機器試験体の実物写真。熱負荷試験時の面積(20mm×36mm)を図示してある。(b)熱負荷領域近傍の断面図。

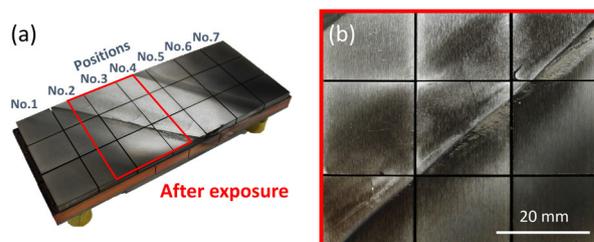


図 2. (a)LHD ダイバータプラズマに 1180 shot 曝露後の AMSB 新構造ダイバータ受熱機器試験体の全体像。(b)全体像中四角で囲んだ領域の拡大像。