

先進的ろう付接合法によるODS-Cu/ODS-CuおよびSUS/ODS-Cu接合部の 変形・破断挙動および熱的安定性

Analysis of deformation/fracture behavior and thermal stability of the ODS-Cu/ODS-Cu and
SUS/ODS-Cu fabricated by the advanced brazing technique

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

M. Tokitani¹, Y. Hamaji¹, Y. Hiraoka², S. Masuzaki¹, H. Tamura¹, H. Noto¹, T. Tanaka¹,
T. Tsuneyoshi³, Y. Tsuji³, T. Muroga¹, A. Sagara¹ and the FFHR Design 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]。開発過程において、GlidCop[®]同士(GlidCop[®]/GlidCop[®])、ステンレス鋼(SUS)と GlidCop[®] (SUS/GlidCop[®])の組み合わせにおいても、同じく「先進的ろう付接合法」で接合可能である事が確認された。GlidCop[®]/GlidCop[®]及び SUS/GlidCop[®]の接合では、960℃の真空接合熱処理時、接合界面に対して垂直方向に僅かな圧縮荷重(~0.54 MPa)を加えることで、流体漏れの無い完全リークタイトな接合接手が得られる事も実証した。曲げ試験により、GlidCop[®]/GlidCop[®]及び SUS/GlidCop[®]の降伏強度は、960℃で10分間熱処理を行った後の GlidCop[®]母材(300~350 MPa)と比較し得るほどの値が確認された。また、GlidCop[®]/GlidCop[®]及び SUS/GlidCop[®]接合部の微細構造解析を実施した結果、前者はろう材成分の拡散層は確認できるが、接合層は同定できないほど連続性の高い組織を有していることがわかった。また、後者では、僅か20μmと極めて薄い接合層が確認できた。

GlidCop[®]/GlidCop[®]及び SUS/GlidCop[®]接合接手は、上述した「リークタイトな接合接手」「GlidCop[®]母材と比較し得るほどの接手強度」「連続性が高い接合部、あるいは極めて薄い接合層」という特徴から、熱的に安定しており、960℃のろう付熱処理を繰り返し行ったとしても、機械的特性には変化が無いと予想することができた。この考察を基に、1つのダイバータ受熱機器製造時に先進的ろう付接合法を繰り返し適用する「先進多段階ろう付接合法(AMSB)」を開発し、30MW/m²の定常熱負荷を除熱可能な新構造ダイバータ受熱機器の製造

に成功した。本ダイバータ受熱機器の構造安定性および寿命を評価するには、GlidCop[®]/GlidCop[®]及び SUS/GlidCop[®]接合接手の変形から破断に至る過程を詳細に評価しておく事、そして、960℃のろう付熱処理を繰り返し受けた場合の機械的強度特性を評価しておく事が必要である。本研究では、両接合継手の変形・破断挙動の解明および熱的安定性の評価を目的とした。

図1に GlidCop[®]/GlidCop[®]接合接手を曲げ試験により破断させた後の接合部の電子顕微鏡(SEM)像とエネルギー分散型 X 線分析装置(EDS)によるNiのマッピング像を示す。Niはろう材の主成分であるため、その分布を評価することで接合層の有無や拡散層の厚さを把握することができる。図1より、GlidCop[®]/GlidCop[®]接合接手の場合、破断は GlidCop[®]母材同士の接合界面で発生することがわかった。また、拡散層(Diffusion layer)を拡大して観察することにより、破断部(Crack)周辺の拡散層に明瞭な塑性変形の痕跡が確認された。一方、SUS/GlidCop[®]接合接手の場合の破断箇所は、接合層と GlidCop[®]の界面で発生することが確認された。講演では、接合部の熱的安定性についても詳しく述べる。

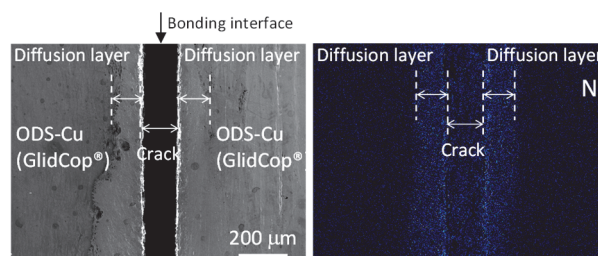


図1. 曲げ試験により破断後の GlidCop[®]/GlidCop[®]接合部の SEM 像(左図)および対応する Ni の EDS マッピング像(右図)。

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