

微細構造評価法を用いたODS-Cuの溶接性に関する研究 Microstructural characterization of the weld zones on ODS-Cu

山下東洋¹, 時谷政行^{1,2}, 浜地志憲^{1,2}, 能登裕之^{1,2}, 増崎 貴^{1,2}, 室賀健夫^{1,2},
FFHR設計グループ²

Toyo Yamashita¹, Masayuki Tokitani^{1,2}, Yukinori Hamaji^{1,2}, Hiroyuki Noto^{1,2},
Suguru Masuzaki^{1,2}, Takeo Muroga^{1,2}, the FFHR design group²

¹総研大, ²核融合研

¹SOKENDAI, ²NIFS

酸化物分散強化銅合金(ODS-Cu)は、優れた高温強度[1]から、核融合炉・ダイバータ受熱機器のヒートシンクや冷却管候補材料の一つであるが、溶接性の悪さが問題となり、その用途が限定される場合がある[2,3]。溶接性の悪さの問題とは、溶接(熱影響)部の機械的特性が著しく劣化することを意味するが、その劣化機構の物理を詳細に報告した研究はほとんど存在しない。本研究では、溶接部の硬さ試験と透過型電子顕微鏡(TEM)による微細構造解析により、機械的特性劣化機構の物理を原子レベルで明らかにすることを目的とした。

試料にはGlidCop® (Cu-0.3wt% Al₂O₃)の小片を用意し、端部をTIG溶接電極により溶融させた。図1に、溶融金属(WM), 溶接熱影響部(HAZ), 母材(BM)のピッカース硬さ試験値(HV)と結晶粒の光学顕微鏡写真を示す。結晶粒の大きさから、結晶粒が粗大であるHAZ領域をCG-HAZ, 結晶粒が微小であるHAZ領域をFG-HAZと定義した。硬さ分布をみる限り、BMの硬さ(~130HV)に対して、熱影響部は軟化していることがわかる。最も軟化している領域はWMとFG-HAZであるが、両者で結晶粒サイズは全く異なっていることが明らかになった。この事実から、結晶粒のサイズは軟化現象に直接関係していない可能性が考えられる。

図2にBMとFG-HAZのTEM像を示す。強化粒子・Al₂O₃の分散状況の指標となるAlとOの分布を強調して図示している。BMでは、10nm前後のAl₂O₃ナノ分散粒子がマトリクス(結晶粒)中に均一に分散し、転位と相互作用していることがわかるが、FG-HAZでは、ナノ分散粒子は200nm以上のサイズまで粗大化し、転位の回復も確認できる。

以上の結果より、ODS-Cu溶接部の機械的特性劣化は、溶接熱の影響により結晶粒中のAl₂O₃分散粒子の粗大化と転位の回復が生じ、加工転位の障害物が消失したことに伴う軟化現象によるものであると考えられる。軟化した領域の機械的強度は著しく低下していることが示唆されるため、GlidCop®が本来有する強度特性は

失われていると判断できる。ODS-Cuを核融合炉で使用するには、溶接部の機械的特性劣化をできる限り回避する溶接方法、あるいはその他の接合技術の確立が必要であると言える。

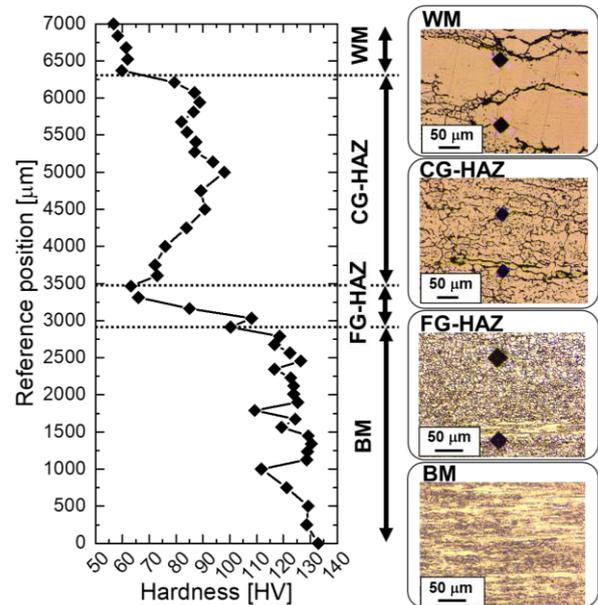


図1. GlidCop®の硬さ試験, 及び結晶粒の観察結果

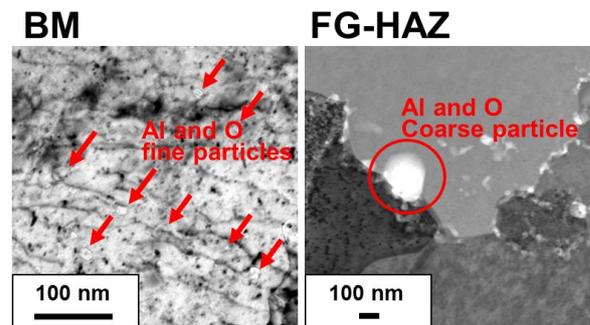


図2. BMとFG-HAZのTEM像

- [1] S.J. Zinkle et al., Fusion Materials DOE/ER - 0313/16 (1994).
- [2] J.J. Cordier et al., 20th IEEE/NPSS Symposium on Fusion Engineering, 2003.
- [3] M. Tokitani et al., Fusion Eng. Des. 148 (2019) 111274.