

流動鉛ビスマス中において自己修復したアルミリッチ 保護性酸化被膜の密着性に関する研究

Adhesion strength of self-healed Al-rich oxide layer on FeCrAl alloy in flowing lead-bismuth eutectic

*北村 嘉規¹, 瓦井 篤志¹, 近藤 正聡¹, 斎藤 滋², 大林 寛生²

¹東京科学大学, ²日本原子力研究開発機構

FeCrAl 合金は液体重金属に対して優れた耐食性を示すため、加速器駆動未臨界炉の構造材料として期待されている。JAEA/J-PARC に設置された液体鉛ビスマス(LBE)高温腐食試験ループを使用して、723K の流動 LBE へ浸漬した FeCrAl 合金上の酸化被膜の密着性をマイクロクラッチ試験により明らかにした。

キーワード : FeCrAl 合金, 加速器駆動未臨界炉, 鉛冷却高速炉, 液体鉛ビスマス, 自己修復被膜, 被膜密着性

1. 緒言 加速器駆動未臨界炉の核破砕ターゲットとして液体鉛ビスマス共晶合金(LBE)が用いられる。その候補構造材料には液体重金属に対して優れた耐食性を示す FeCrAl 合金が期待されている。FeCrAl 合金は、予備酸化処理により優れた保護性を有する α - Al_2O_3 被膜を形成することや、液体金属環境下においても In-situ で Al-rich な酸化被膜を形成する事が知られている。ただし、その耐食性を左右する被膜と基材の密着性に関する研究は限定的である。本研究の目的は、723K の流動 LBE へ浸漬した FeCrAl 合金上の酸化被膜の密着性を明らかにすることである。

2. 実験条件 腐食試験は JAEA/J-PARC の LBE 高温腐食試験ループ(OLLOCHI)を用いて、FeCrAl 合金である APMT(Fe-21Cr-5Al-3Mo)を対象とし、予備酸化処理(大気下 1373 K, 10 時間)を施した試験片と研磨ままの試験片を、流速 1 m/s, 試験温度 723 K, 酸素濃度 10^{-4} ~ 10^{-6} wt.%, 浸漬時間 2000 時間と 4000 時間の条件で腐食試験を実施した。2000 時間の浸漬後に、一部の試験片では表面に形成された酸化被膜を部分的に取り除いた。走査透過電子顕微鏡(STEM)により酸化被膜の微細組織観察を行った。マイクロクラッチ試験によりスクラッチ速度 5 $\mu\text{m/s}$, 印加荷重速度 1 mN/s の条件で、せん断方向の被膜の密着強度を明らかにした。

3. 実験結果・考察 予備酸化処理により形成された α - Al_2O_3 被膜は優れた保護性を示し、2000 時間の腐食試験後の被膜の剥離に要する臨界密着応力は 142.6 MPa であることがマイクロクラッチ試験によりわかった。図 1 は、人工的に被膜を剥離して再度 2000 時間浸漬した試験片の表層断面 STEM 像を示す。図 1(b)の損傷部には約 100 nm の厚さの多層状酸化被膜が再形成し、臨界密着応力は 125.6 MPa であった。図 1(c)の連続 4000 時間の浸漬を経た箇所では 585 nm の厚さの多層状酸化被膜が形成されていたが、被膜の部分剥離開始点が確認できず基材とスタイラスが接触する完全剥離点のみ確認された。被膜/基材界面の凹凸状態を算術平均表面粗さの評価法で表すと、人工的に剥離した個所が $R_a=36$ nm であり、連続 4000 時間浸漬した個所が $R_a=80$ nm であった。界面粗さが大きくなるほど被膜密着性が改善するアンカー効果が見られた。

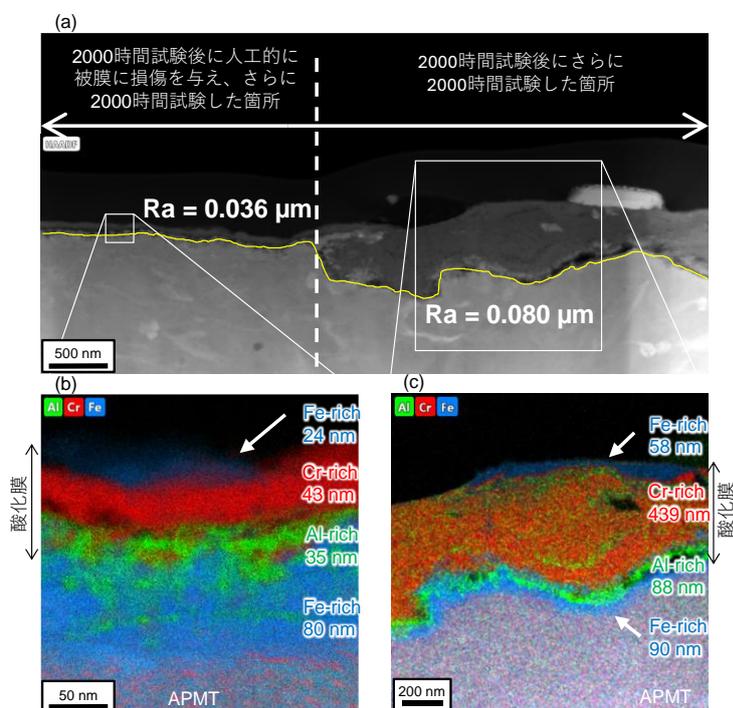


図 1 723 K, 4000 時間試験後の APMT の断面 STEM 像 (a) HAADF 像, (b) 2000 時間試験後に人工的に被膜に損傷を与えさらに 2000 時間試験した箇所の EDX マッピング, (c)2000 時間試験後にさらに 2000 時間試験した箇所の EDX マッピング

*Yoshiki Kitamura¹, Atsushi Kawarai¹, Masatoshi Kondo¹, Shigeru Saito² and Hironari Obayashi²

¹Science Tokyo, ²JAEA