

APMT 円管の内壁に形成された α - Al_2O_3 被膜による MHD 圧力損失低減の検討

α - Al_2O_3 layer formation on inner surface of APMT tube for reduction of MHD pressure drop in liquid metal blanket manifold system

*武藤 龍平¹, 西尾 龍乃介¹, 田中 照也², 近藤 正聡³,

¹東京工業大学工学院機械系, ²核融合科学研究所,

³東京工業大学ゼロカーボンエネルギー研究所

核融合炉の液体増殖材である液体リチウム鉛合金(LiPb)が通過するブランケットマニフォールド部において、MHD 圧力損失を抑制する必要がある。APMT (Fe-21Cr-5Al-3Mo) の円管内壁に形成された約 1.4 μm の α - Al_2O_3 被膜の導電率を、室温から 582 $^{\circ}\text{C}$ の条件で計測した結果、低い導電率を有していることがわかった。APMT の配管内壁に α - Al_2O_3 被膜を形成させることにより MHD 圧力損失を十分に低減できることを数値シミュレーションにより明らかにした。

キーワード：核融合炉、液体ブランケット、MHD 圧力損失、FeCrAl 合金、 α - Al_2O_3 被膜

1. 緒言 核融合ブランケット内の液体 LiPb はマニフォールドを通じて出入りする。核融合炉内の液体 LiPb が通過する流路では強磁場下での大きな MHD 圧力損失が課題である。既往研究によって FeCrAl 合金である APMT(Fe-21Cr-5Al-3Mo)の平板上に予備酸化処理で形成される α - Al_2O_3 被膜が MHD 圧力損失を十分に低減できることが分かってきた。しかし、予備酸化処理によって APMT の円管内壁に形成される α - Al_2O_3 被膜の MHD 圧力損失の低減効果は明らかにされていない。本研究の目的は APMT 円管の内壁に形成された α - Al_2O_3 被膜によるマニフォールドでの MHD 圧力損失の低減効果を明らかにすることである。

2. APMT 円管内壁に形成された α - Al_2O_3 被膜の分析

APMT 円管試験片のサイズは内径 12 mm、管厚 1.5 mm、長さ 10 mm である。1100 $^{\circ}\text{C}$ 、10 時間の大気下での予備酸化処理を行い、試験片の表面に α - Al_2O_3 被膜を形成させた。SEM/EDX での表層断面分析を行って 1.4 μm の α - Al_2O_3 被膜が形成されたことが分かった。また、予備酸化処理中に被膜が剥離して別の酸化物が局所的に形成されていることが分かった。図 1 に導電率測定装置の概念図を示す。APMT 円管内壁の α - Al_2O_3 被膜の温度が室温から 582 $^{\circ}\text{C}$ までの範囲で導電率測定を行った。図 2 に導電率測定の結果を示す。測定された導電率にはばらつきが得られた。 α - Al_2O_3 被膜が剥離していた箇所による影響が考えられる。582 $^{\circ}\text{C}$ の時の導電率が既往研究の同条件の予備酸化処理で形成された APMT 平板上の α - Al_2O_3 被膜の導電率とよく一致していた。

3. α - Al_2O_3 被膜による MHD 圧力損失抑制効果の検証

α - Al_2O_3 被膜がない時とある時の 10 T の磁場下を 1 m/s で直交する 582 $^{\circ}\text{C}$ の液体 LiPb 流れのシミュレーションを行った。流路のサイズは内径 210 mm、管厚 30 mm、長さ 400 mm とした。分析に基づいて α - Al_2O_3 被膜の厚さは 1.4 μm 、導電率は $2.5 \times 10^{-7} \text{ S/m}$ とした。流路内壁に α - Al_2O_3 被膜がない時の MHD 圧力損失は 19 MPa/m であった。被膜がある時は 0.1 MPa/m であった。APMT 円管内壁に形成された α - Al_2O_3 被膜が MHD 圧力損失を十分に低減できることが明らかとなった。

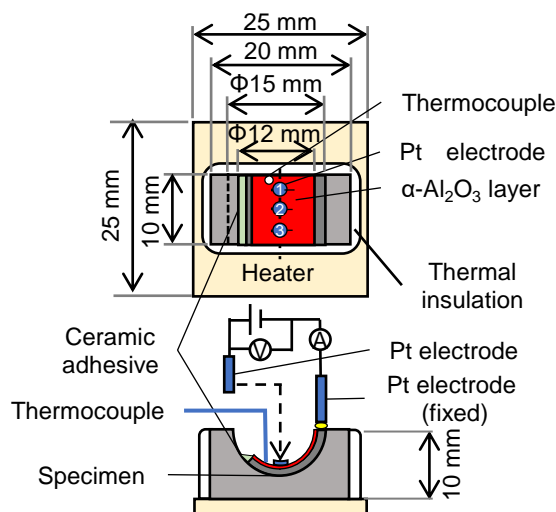


図 1 導電率測定概念図

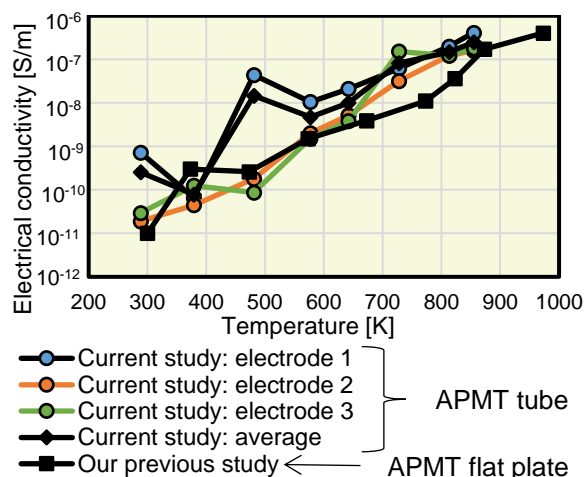


図 2 APMT 円管の内壁に形成された α - Al_2O_3 被膜と平板上に形成された α - Al_2O_3 被膜の導電率の比較

*Ryuhei Muto¹, Ryunosuke Nishio¹, Teruya Tanaka² and Masatoshi Kondo¹

¹Tokyo Institute of Technology, ²National Institute for Fusion Science