

自己修復性を有する機能性界面構造の基礎的検討

Study on self-healing type functional interface structures for fusion blanket systems

*近藤 正聰¹, 田中 照也², 菊沼 良光², 相良 明男², 松村 義人³, 室賀 健夫²

¹東京工業大学, ²核融合科学研究所, ³東海大学

核融合炉液体ブランケットシステムにおける長寿命トリチウム透過防止界面として、自己修復性を有する機能性界面構造の基礎的検討を行った。金属イットリウム及びジルコニウム基盤上に形成される酸化被膜の機能性被覆としての性能を、高温大気環境下酸化試験や液体金属鉛浸漬試験等により明らかにした。

キーワード：液体ブランケット, トリチウム透過防止膜, 酸化, 腐食, 機能性被覆

1. 緒言 核融合炉の液体ブランケットシステムのトリチウム(T)移行対策としてセラミクスコーティング型 T 透過防止バリアが開発されてきた。しかし、共存性が課題であり、液体金属環境下において長期間使用することは困難である。本研究の目的は、長寿命のトリチウム移行制御界面として運転時自己修復性を備えた機能分担型界面構造を開発する事である。図 1 にその構造の一例を示す。熱交換器伝熱管表面に、イットリウム(Y)やジルコニウム(Zr)をライニングし、その表面に熱力学的に安定な酸化被膜層を形成させる構造である。この時、最表面の酸化被膜層が水素透過防止膜や耐食層として機能を分担し、その下のライニング層は酸化物層破壊時に新たな酸化被膜層を形成する事で構造を再生する機能を分担する。本研究では、Y と Zr の金属基板が形成する酸化被膜層について、核融合炉ブランケットの機能性被覆としての性能を、高温条件酸化試験や液体金属浸漬試験等により評価した。

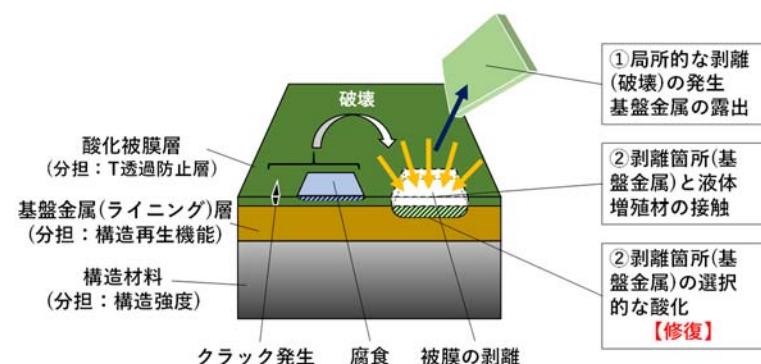


図 1 機能分担型界面構造の一例

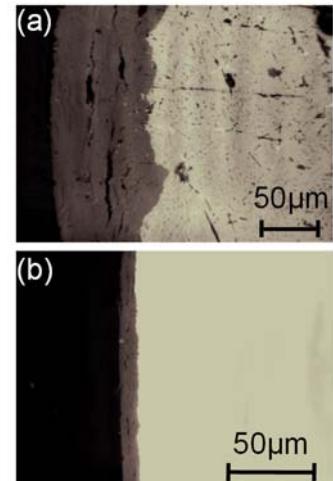


図 2 大気環境下(773K)の酸化試験の結果,
(a) $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Y}$ (357 hr),
(b) ZrO_2/Zr (268hr)

2. 実験条件 Y と Zr の金属基板の酸化特性を明らかにするために、773K の大気環境下で 300 時間から 1000 時間の酸化試験を実施した。次に、同様のプロセスで形成した ZrO_2/Zr 試験片の液体金属鉛浸漬試験(698-873K, 458hour)を実施した。この時、液体金属環境下における酸化被膜の成長や破壊の挙動を電気化学インピーダンス法によりオンラインで評価した[1]。 ZrO_2/Zr の T 透過防止性能試験は NIFS の水素透過試験装置を用いて実施する計画である。

3. 実験結果 酸化試験後の Y と Zr 試験片の断面光学顕微鏡観察の結果の一例を図 1 に示す。Y 表面上には約 90μm の厚さでクラックを多数有する酸化被膜が形成されており、一方で Zr 上には約 10μm の厚さの緻密な組織の酸化被膜が形成されていた。これらから、表面の酸化速度は Y の方が大きいが、酸化被膜の安定性としては ZrO_2/Zr の方が優れているといえる。 ZrO_2/Zr の鉛環境下浸漬試験については、浸漬中の電気化学インピーダンス(EIS)計測の結果と浸漬後の材料組織観察の結果から、周方向のクラックが浸漬直後に多数発生するものの、優れた安定性を有する事が示唆された。

4. 結論 自己修復性を備える機能分担型界面構造の酸化特性と液体金属環境下における安定性について試験を実施した。組織観察や EIS 計測により ZrO_2/Zr が優れた特性を有している事を明らかにした。

参考文献

[1] Masatoshi Kondo, Narumi Suzuki, Yuu Nakajima, Teruya Tanaka, Takeo Muroga. In-situ impedance measurement of corrosion interface in liquid metals, Fusion Engineering and Design, Fusion Engineering and Design, Elsevier, Vol. 89, pp. 1201-1208 (2014).

*Masatoshi KONDO¹, Teruya TANAKA², Yoshimitsu HISHINUMA², Akio SAGARA², Yoshihito MATSUMURA³ and Takeo MUROGA²

¹Tokyo Tech., ²NIFS and ³Tokai univ..