

ADS 材料特有の複合照射影響の把握と予測

Estimation and prediction for irradiation effects specific to ADS materials

大久保 成彰
Nariaki Okubo

友部 政勝
Masakatsu Tomobe

原子力機構

（概要）本研究では、ADS 材料特有の複合照射影響評価のため、イオン照射後に、鉛ビスマス液体金属中にて浸漬試験を行い、液体金属中の材料腐食挙動に及ぼす照射の影響を調べている。今回、ADS 候補材の T91 鋼における表面酸化被膜の照射量依存性を評価した。

キーワード：ADS 液体金属 腐食 酸化皮膜 照射

1. 目的

原子力発電所から出る使用済み核燃料に含まれる長寿命放射性核種を核変換し、減容及び有害度を低減する加速器駆動システム（ADS）では、液体鉛ビスマス共晶合金（LBE）中の材料の腐食挙動の把握は炉内機器の設計に不可欠である。陽子加速器側の高真空と炉心部を隔てる安全上重要な機器の一つであるビーム窓や燃料被覆管の健全性（寿命）を左右するため、ADS 実現に向けた重要な研究課題の一つである。R6 年度は表面酸化膜における照射量による変化について調べた。

2. 実施方法

照射を受ける ADS 機器の候補材の一つである T91 鋼に、MT チャンバーにてイオン照射を行った。タンデム加速器による 10.5 MeV-Fe^{3+} を $5 \sim 20 \text{ dpa}$ まで、温度は試料表面にて ADS 炉内機器の設計温度の中心である 450°C に制御しながら照射を行った。照射後に酸素濃度を 3 レベルに制御した 450°C の LBE 中にて浸漬試験を実施し、その後断面 SEM 観察により、表面酸化被膜厚さを評価した。

3. 結果及び考察、今後の展開等

照射後、LBE 中の酸素濃度を、飽和濃度 ($3.1 \times 10^{-4} \text{ wt\%}$)、中間酸素濃度 ($6.0 \times 10^{-7} \text{ wt\%}$)、低酸素濃度 ($3.0 \times 10^{-8} \text{ wt\%}$) にそれぞれ一定に保ちながら、約 400 時間浸漬試験を行った試料の表面酸化膜厚さを表に示す。飽和酸素濃度の場合、照射による酸化膜厚比の増分が、照射量が増えると若干増えているように見えるが、中間の酸素濃度の照射量依存性の挙動からは、照射による酸化膜の促進はほとんど見られない。一方、低酸素濃度の場合、照射による酸化膜の厚さは増えており、これは照射による LBE 中酸化膜の形成促進を初めて報告した研究[1]とも整合している。照射によって材料中に形成した空孔型欠陥集合体が、その後の LBE 中浸漬試験において、酸素拡散を促進することにより、照射がない状況では酸化被膜形成がほとんどない低酸素濃度下であっても酸化膜形成に寄与していると考えられる。ADS の実機環境では、LBE 中の酸素濃度制御は不可欠だが、何らかの原因で酸素濃度が低下した場合においても、酸化膜が形成し、LBE から材料表面を保護できることを示唆している。今後は、さらに照射及び浸漬条件を拡充し、表面酸化挙動の予測につなげていく。

表 酸化膜厚比（照射/未照射） dpa:照射損傷量

dpa	$3.0 \times 10^{-8} \text{ wt\%}$	$6.0 \times 10^{-7} \text{ wt\%}$	$3.1 \times 10^{-4} \text{ wt\%}$
5	1.06	1.13	0.62
10	1.60	—	0.98
20	3.32	0.91	1.12

4. 引用(参照)文献等

[1] N. Okubo et. al. Effect of irradiation on corrosion behavior of 316L steel in lead-bismuth eutectic with different oxygen concentrations, Quantum Beam Sci. 2021, 5(3), 27