

改良ステンレス鋼燃料被覆管の BWR 装荷に向けた研究開発(4)

(6) 高温水腐食挙動および水蒸気酸化特性

R&D of advanced stainless steels for BWR fuel claddings (4)

(6) High temperature water corrosion and high temperature steam oxidation properties

*高橋克仁¹, 三浦祐典¹, 坂本 寛¹, 山下真一郎²¹NFD, ²JAEA

BWR 装荷に向けて開発を行っている改良ステンレス鋼について、高温水中での腐食特性および高温水蒸気中での酸化特性を評価し、良好な耐食性および耐酸化性を確認した。

キーワード： 事故耐性燃料, シビアアクシデント, 酸化物分散強化, 高温水腐食, 水蒸気酸化

1. 緒言 事故耐性の高い改良ステンレス鋼燃料被覆管の研究開発の一環として、被覆管材 (FeCrAl-ODS 鋼) および端栓材 (FeCrAl) の高温水腐食および水蒸気酸化特性を評価した。

2. 評価方法 表 1 に供試材の組成を示す。FeCrAl は FeCrAl-ODS 鋼から Y を除いた組成である。酸化膜中での Zr 酸化物生成による高温酸化の加速が知られていることから[1], Zr を低減した FeCrAl も用意した。腐食挙動評価では 290 °C の高温水中(溶存酸素濃度: 7 ppm)での浸漬試験を最長 240 d 間実施し、水蒸気酸化特性評価では 1200~1450 °C にて水蒸気を混合した Ar を 0.8 L/min (水蒸気流量: 0.16 g/min) 供給して加熱試験を実施した。これらの試験による重量変化を測定した。

3. 結果 図 1 に高温水中での腐食特性として、腐食重量変化 ΔW を示す。FeCrAl-ODS 鋼の板材では ΔW が初期に減少し、その後も ΔW の絶対値が他の鋼材と比べて小さかった。FeCrAl-ODS 鋼の被覆管および FeCrAl も ΔW の絶対値は SS316L と同等以下であり、安定した耐食性が確認された。

図 2 に水蒸気酸化特性として、放物線則による放物線速度定数 K_p を示す。FeCrAl-ODS 鋼の K_p は Zircaloy-4 の 1/100 程度であり、金属粒子の分散により高強度化した FeCrAl である APMT[3]と同程度の優れた耐酸化性が確認された。また、1200 °C にて、Zr を 0.47 wt.% 添加した FeCrAl の K_p は Zircaloy-4 の 1/10 程度であったが、Zr を 0.09 wt.% に低減した FeCrAl では 1/30 未満になり、Zr 低減により耐酸化性が向上した。以上より、FeCrAl-ODS 鋼および FeCrAl の良好な耐食性と耐酸化性が確認された。

本研究発表の一部は、経済産業省資源エネルギー庁の平成 30 年度原子力の安全性向上に資する共通基盤整備のための技術開発事業の成果である。

参考文献

[1] T.Maeda et al., J. Nucl. Mater., 516 (2019) 317–326.

[2] J.V. Cathcart et al., Zirconium Metal–Water Oxidation Kinetics, IV: Reaction Rate Studies, ORNL/NUREG-17, ORNL, 1977.

[3] B.A. Pint et al., J. Nucl. Mater., 440 (2013) 420–427.

表 1 供試材の組成 (wt.%)

	Fe	Cr	Al	Zr	Ti	Y	O
FeCrAl-ODS 鋼	Bal.	11.7	6.2	0.39	0.5	0.4	0.34
FeCrAl	Bal.	12.0	6.1	0.47	0.5	—	—
FeCrAl・低Zr	Bal.	12.0	6.0	0.09	0.5	—	—

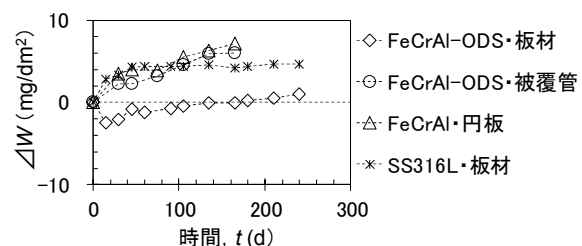


図 1 腐食重量変化(290°C 高温水中)

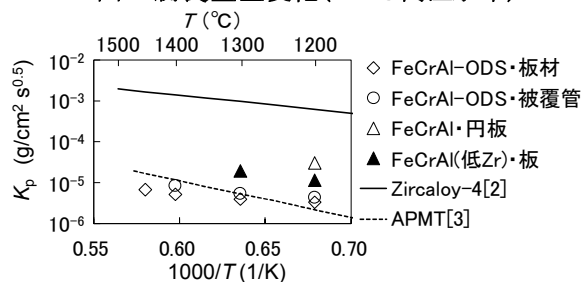


図 2 放物線速度定数(高温水蒸気中)

*Katsuhito Takahashi¹, Yusuke Miura¹, Kan Sakamoto¹, and Shin-ichiro Yamashita², ¹NFD, ²JAEA