

プルトニウム燃焼高温ガス炉を実現するセキュリティ強化型安全燃料開発

(21) ZrC 層被覆試験と特性評価

Development of Security and Safety fuel for Pu-burner HTGR

(21) Test and Characterization for ZrC Coating

*植田 祥平¹, 相原 純¹, 橘 幸男¹, 國富 一彦¹, 岡本 孝司²

¹原子力機構, ²東京大

セキュリティ強化型安全燃料の高燃焼度化のため、従来よりも小径のイットリア安定化ジルコニア (YSZ ; Ytria-Stabilized Zirconia) 模擬燃料核上へ臭化物化学蒸着法による炭化ジルコニウム (ZrC) の直接被覆を可能にし、ZrC の成長速度と透過型電子顕微鏡による ZrC と YSZ 境界面の材料特性をそれぞれ評価した。

キーワード : 被覆燃料粒子, 炭化ジルコニウム, 化学蒸着, 被覆試験, 特性評価

1. 緒言

セキュリティ強化型安全燃料は、核拡散抵抗性を持つ PuO₂-YSZ 燃料核上へ酸素ゲッターとしての ZrC を直接被覆することで、燃料破損の主原因である遊離酸素に起因する内圧上昇を抑制し、500 GWd/t を目指す高燃焼度化を図る。平成 28 年度は、原子力機構の ZrC 被覆実験装置を用いて、高燃焼度化に向け小径化 (φ 700→400 μm) した YSZ 粒子による流動条件を取得するとともに、C/Zr 比が 1 の定比 ZrC を得られる臭化物化学蒸着法で被覆した ZrC と YSZ 境界面の材料特性を、透過型電子顕微鏡を用いて評価した。

2. 方法及び結果

2-1. 小径 YSZ 粒子に対応した流動条件の取得

小径 YSZ 粒子に対応した ZrC 被覆条件の取得に向け、流動床へ原料ガスを導入する従来の単孔ノズル(口径 φ 3mm) を小径化および多孔化した新規ノズルを採用し、流動試験を実施した。ガス流量条件を従来の流動条件と理論上同一とするため、ノズル断面積が従来と同じとなるよう口数(口径)を 4 孔(φ 1.5mm) および 9 孔(φ 1.0mm) の 2 種類に設定した。常温非加熱下ならびに実際の ZrC 被覆温度(1350°C) 下で、流動ガスに Ar 又は 1350°C 下では H₂ ガスを用いて流動試験を行った結果、いずれも粒子落下がなく、ガス流量 8 L/min にて製造時の被覆層の破損が生じにくい安定流動状態が得られ、ZrC の被覆が可能となった。

2-2. ZrC 層被覆試験と微細構造観察

YSZ 粒子(φ 700 μm) 上への ZrC 層被覆試験を、温度約 1350°C、粒子装荷量 100 g の条件で実施した結果、厚さ約 21 μm、C/Zr 比約 0.95 の ZrC 層を取得し、定比 ZrC 被覆条件の再現性を確認するとともに、ZrC 成長速度を約 0.20~0.23 μm/分と評価した。また、ZrC と YSZ 境界面の材料特性を把握するため、走査型電子顕微鏡を用いて観察した結果(図 1)、ZrC と YSZ は結合しているものの、境界部にポアの分布が確認された。ポアの原因は、化学平衡計算(FactSage5.5)の結果より、臭化物法の ZrBr₄等の原料ガスによる劣化の可能性が極めて小さいことから、ZrC 結晶の欠落の可能性が高いと考えられる。

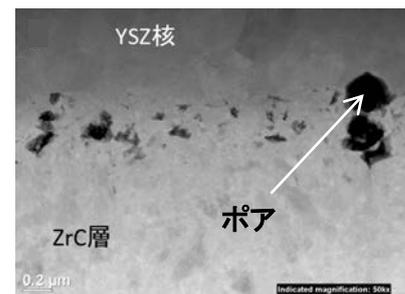


図 1 YSZ/ZrC 境界の暗視野像 (C/Zr 比 0.99)

3. 結論

平成 29 年度は、CeO₂-YSZ 模擬燃料核への ZrC 層被覆試験を行い、材料特性と ZrC 化学蒸着条件との相関を検討する予定である。本研究は、文部科学省原子力システム研究開発事業により実施された「プルトニウム燃焼高温ガス炉を実現するセキュリティ強化型安全燃料開発」の成果である。

**Shohei Ueta¹, Jun Aihara¹, Yukio Tachibana¹, Kazuhiko Kunitomi¹ and Koji Okamoto²

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Univ. of Tokyo