

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

(13) ZrC 被覆試験と特性評価

Development of Security and Safety Fuel for Pu-burner HTGR

(13) 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東京大学

セキュリティ強化型安全燃料の高燃焼度化を目的として、炭化ジルコニウム (ZrC) をイットリア安定化ジルコニア (YSZ; Yttria-Stabilized Zirconia) 模擬燃料核上へ臭化物化学蒸着法にもとづき直接被覆する試験を開始し、定比性の良い ZrC 層の取得に成功した。

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においては、核拡散抵抗性を持たせた 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。一方 ZrC は、定比性の指標である C と Zr の原子数比 (C/Zr 比) が小さいほど熱伝導率が低下し^[1]、逆に大きいほど金属核分裂生成物の拡散を助長する^[2]。そこで本研究では、C/Zr 比が 1 の定比 ZrC を得られる臭化物化学蒸着法にもとづき、YSZ 粒子上への被覆試験を実施した。

2. 方法及び結果

臭化物化学蒸着法^[2]においては、ジルコニウム (Zr) と臭素 (Br₂) より生成させた Zr 臭化物 (ZrBr₄) をメタン (CH₄) と共に ZrC 被覆試験装置の流動床 (図 1) へ供給し、粒子上へ ZrC を蒸着する (ZrBr₄ + CH₄ → ZrC + 4HBr)。試験は、これまでに熱分解炭素被覆粒子への定比 ZrC 被覆に成功した被覆温度 1350°C^[2]にて、YSZ 粒子装荷量 100g、被覆時間 90 分間の条件で実施し、光沢のある ZrC 被覆粒子を取得した (図 2)。

次に、得られた ZrC 層の厚さ、密度、C/Zr 比を測定した。ZrC 層厚さは、プロジェクターを使用し、YSZ 粒子および ZrC 被覆粒子を対象に差分法により測定した結果、約 14μm であった。また、C/Zr 比と密度の測定では、ZrC 被覆粒子を空气中で焙焼して ZrC 層を酸化ジルコニウム (ZrO₂) とし、前後の重量変化から Zr 及び C の含有量を算出する焙焼重量法を適用した。その結果、C/Zr 比と密度はそれぞれ 0.94 と 6.63g/cm³であった。

3. 結論

YSZ 粒子への直接被覆でも概ね定比性の良い ZrC が得られることを確認できた。今後、燃料核寸法の違いに対応した ZrC の被覆条件と材料特性の相関について検討していく。

参考文献

[1] E.K. Storms, P. Wagner, High Temp. Sci. 5, 454 (1973). [2] K. Fukuda, et al., J. Nucl. Mater. 87, 367(1979). [3] S. Ueta, et al., J. Nucl. Mater. 376, 146(2008)、他。

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

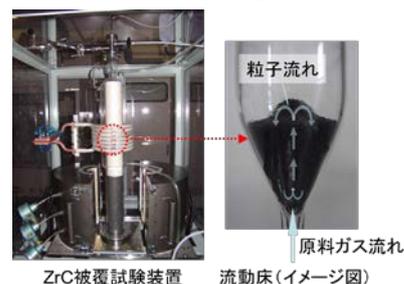


図 1 ZrC 被覆試験装置と流動床

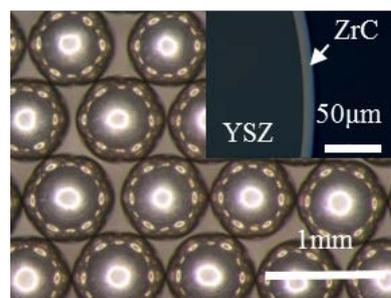


図 2 ZrC 被覆粒子表面と断面 (右上)