

高速炉の安全性向上のための高次構造制御セラミック制御材の開発

(3) 「常陽」照射 B₄C 制御材の照射後微細評価

Development of Highly Microstructure-Controlled

Neutron Control Ceramics for Improving Safety of Fast Reactors

(3) Post-Irradiation Microstructure Evaluation of "Joyo" Irradiated B₄C Control Materials

* 静川裕太¹, 関尾佳弘¹, 井上利彦¹, 前田宏治¹, 吉田克己²

¹原子力機構, ²東京工業大学

高次構造制御 B₄C 制御材 (配向気孔導入材) における核変換 He の放出挙動の推定に資するため、「常陽」で照射した B₄C に対する透過型電子顕微鏡(TEM)による微細組織観察を実施した。気孔部近傍において He バブルの無形成帯が観察され、気孔部が He の放出パスになる可能性が示唆された。

キーワード: B₄C 制御材、TEM 観察、He 生成

1. 緒言

高速炉で使用されている B₄C 制御材は、中性子吸収による ¹⁰B の (n,α) 反応で生成した He の蓄積によってスエリング、クラック、リロケーションが生じると、吸収材-被覆管機械的相互作用 (ACMI) による被覆管破損の要因となる。このため、B₄C 制御材の健全性改善による高速炉の安全性向上を目的として、B₄C のスエリングを抑制する高次構造制御材の開発のための研究を進めている。本研究では、高速実験炉「常陽」で照射した B₄C ペレットの微細組織を観察して、B₄C の照射組織における He バブルの存在状態を調査した。

2. 試験方法

微細組織観察には ¹⁰B 濃縮度が 90wt% で且つ理論密度が 90%T.D.又は 95% T.D.の B₄C 制御材を用いた。それぞれの照射条件を表 1 に示す。照射後の各 B₄C 制御材について、集束イオンビーム加工観察装置による試料採取後、TEM による粒内及び粒界近傍の微細組織観察を実施し、He バブルの形状、サイズ及び分布を調査し、微細組織とそれらの相関を評価した。

表 1. 照射条件

ペレット温度 [°C]		燃焼度 [cap/cm ³]	理論密度比 [%]
表面	中心部		
428	~ 517	37×10 ²⁰	90
473	~ 676	97×10 ²⁰	90
1010	~ 1146	31.4×10 ²⁰	95
753	~ 1176	33.7×10 ²⁰	95
770	~ 1225	30.1×10 ²⁰	95

3. 結果

図 1 に、753~1176°C、33.7×10²⁰cap/cm³ まで中性子照射した B₄C 制御材の明視野像を示す。結晶粒内では 10~30nm 程度の He バブルが均一に形成され、部分的に凝集・粗大化していることが確認されたが、気孔部近傍においては、He バブルの無形成帯が確認された。これは、気孔部が He バブルのシンクとして働いたためであると考えられる。このように B₄C 組織内の気孔は照射により生成した He バブルのシンクになるため、本研究の高次構造制御による B₄C 組織内に導入する貫通型気孔は、He の放出パスとなりスエリングの抑制、すなわち、He 蓄積による ACMI の抑制に効果があると考えられる。

本研究は、文部科学省原子力システム研究開発事業の一環で実施している「高速炉の安全性向上のための高次構造制御セラミック制御材」の成果である。



図 1 「常陽」照射 B₄C 試料の明視野像
753~1176°C、33.7×10²⁰cap/cm³、95%T.D.

*Yuta Shizukawa¹, Yoshihiro Sekio¹, Toshihiko Inoue¹, Koji Maeda¹, and Katsumi Yoshida²

¹JAEA, ²Tokyo Institute of Technology