

低放射化フェライト鋼の疲労き裂成長挙動に及ぼすヘリウムの影響 Effect of Helium on Fatigue Crack Growth Behavior of Reduced Activation Ferritic/Martensitic Steel

中井亮介¹, 野上修平¹, 藪内聖皓¹, 長谷川晃¹, 安堂正己², 谷川博康²
R. Nakai, S. Nogami, K. Yabuuchi, A. Hasegawa, M. Ando, H. Tanigawa

¹東北大・工, ²原子力機構
¹Faculty of Eng., Tohoku Univ., ²JAEA

1. 緒言

核融合炉ブランケット構造材料は、14 MeV中性子照射により、はじき出し損傷のみならずヘリウムなどの核変換生成物の影響を受けるため、材料特性に及ぼすそれらの影響を明らかにする必要がある。さらに、ブランケット構造材料は、熱負荷や電磁力などによる動的変動応力に曝されるため、疲労損傷の蓄積が設計・運用上の課題である。本研究では、ブランケット構造材料として使用される低放射化フェライト鋼について、低サイクル疲労下におけるき裂成長挙動に及ぼすヘリウムの影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

F82H-IEAで製作した微小砂時計型試験片（砂時計部曲率半径：10 mm、最少断面直径：1.25 mm）に対し、東北大学サイクロトロン加速器を用いて50 MeVの α 粒子を照射した。エネルギーディグレーダを用いることにより、深さ0.38 mmまでの領域に均一にヘリウムを注入した。試験片の2方向からヘリウムを注入し、き裂進展領域に概ねヘリウムが注入されるようにした。ヘリウム注入量およびヘリウム注入温度は、それぞれ350 appmおよび470°Cであった。全ひずみ範囲0.6-1.5%、ひず

み速度0.04%/secのもと、室温大気中における疲労試験を実施した。一定サイクルごとに試験を停止して試験片表面のレプリカを採取し、き裂表面長を測定した。

3. 結果と考察

全ひずみ範囲が大きくなるとともに、ヘリウム注入による寿命低下が大きくなった。本試験条件において照射硬化は比較的小さいことから、この寿命低下にはヘリウム自身が影響している可能性が高いと考えられる。図に、受入れまま材とヘリウム注入材における疲労き裂成長挙動を示す。全ひずみ範囲が大きくなるとともに、受入れまま材とヘリウム注入材の微小き裂成長挙動には顕著な違いが見られ、微小き裂発生寿命はヘリウム注入により変化しないのに対し、微小き裂進展速度は全ひずみ範囲の増加とともにヘリウム注入により大きくなった。よって、ヘリウム注入による寿命低下には、微小き裂進展速度の増加が寄与していると考えられる。破面観察の結果、粒界割れなどの寿命低下を示唆する様相は見られなかった。よって、ヘリウムは粒内に留まり、例えばブロック境界やラス周辺などに凝集しき裂進展を促進した可能性が考えられる。

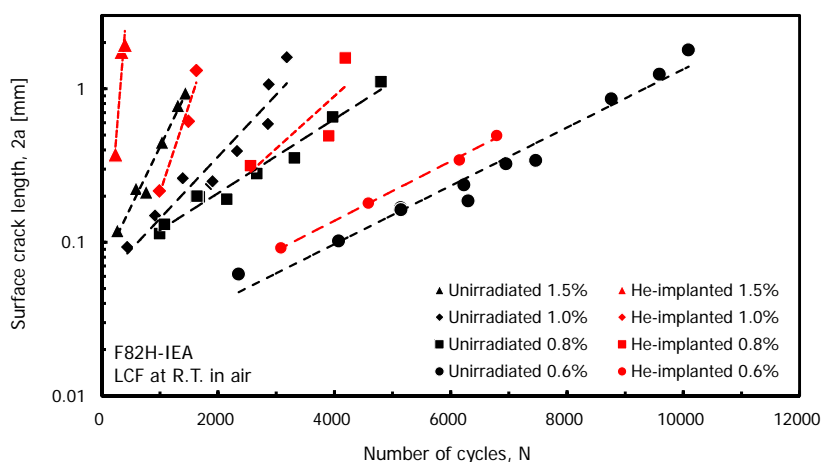


図 1. 受入れまま材とヘリウム注入材における疲労き裂成長挙動