

ITER-grade タングステン圧延材における疲労予き裂導入と破壊靱性評価

Fatigue pre-cracking and fracture toughness evaluations in an ITER-grade rolled tungsten plate

*徳永 和俊¹, 松尾 悟¹, 栗下 裕明², 外山 健³, 長谷川 真¹, 中村 一男¹

¹九大応力研, ²KEK, ³東北大金研

ITER grade W の板材から切り出した片側切欠き付き微小試験片に対して、一軸圧縮疲労と 3 点曲げ疲労の併用により疲労予き裂を導入した後、平面ひずみ破壊靱性試験を行い室温の破壊靱性値を評価した。

キーワード： タングステン, 破壊靱性, 疲労予き裂, 圧縮疲労予き裂導入, 3 点曲げ疲労予き裂伸延

1. 緒言

ITER や原型炉のダイバータ板としてタングステン (W) が使用される計画であり、その使用に際しては破壊靱性の評価が必要である。しかしながら、延性に乏しい W では通常の引張疲労による予き裂導入は困難であるため、我々は圧縮疲労と 3 点曲げ(3PB)疲労の 2 段階負荷方式による予き裂導入法[1]を開発し、昨年秋の本学会で報告した。ところで、この方法で導入した予き裂が信頼性の高い破壊靱性値を与えるためには、圧縮疲労で形成された予き裂(残留引張応力場を伴う)の先端を、残留引張応力場の影響を無視できる位置まで 3PB 疲労により伸延(成長)させることが必要と考えられる。残留引張応力場の範囲は圧縮疲労時の繰返し塑性域サイズ(d_c)で近似される。そこで本研究では、ITER grade W (圧延材)について、 d_c に対して種々の長さ(a_0)まで伸延させた疲労予き裂を導入して平面ひずみ破壊靱性試験を行い、破壊靱性値と a_0/d_c との関係を調べるとともに、破壊靱性値の方位依存性(粒界配向依存性)を評価した。

2. 方法

ITER grade W の圧延材(寸法: 50mm×50mm×12.3mm)から片側切欠き付き微小曲げ試験片(幅 5mm、厚さ 3mm、長さ 25mm、切欠きの幅 0.15mm、深さ 2mm)を、圧延方向に対して L-T (垂直)、T-L (平行) (ASTM 規格による表記)の各方位に切り出し、表面を機械研磨した。これらの試験片に対して、まず、長手方向に一軸圧縮疲労を負荷して切欠き底から予き裂を導入した後、3PB 疲労(スパン長さ: 20 mm)により種々の長さまで予き裂を伸延させた。最後に、3PB による平面ひずみ破壊靱性試験を行い、室温の破壊靱性値を評価した。また、疲労予き裂長さ(a_0)は試験片の側面と破面の観察により求めた。

3. 結果

図 1 に T-L 方位について測定された破壊靱性値を a_0 と d_c の比に対してプロットした結果を示す。3PB 疲労による予き裂伸延の効果は、 d_c に対する予き裂先端位置の影響として示され、予き裂先端が繰返し塑性域場(残留引張応力場)より遠ざかる程、破壊靱性値は一定値($\sim 10\text{MPa}\sqrt{m}$)に飽和する傾向にある。予き裂が、圧縮疲労時の単調塑性域サイズ($\sim 4d_c$)より長い場合でも破壊靱性値はほぼ $10\text{MPa}\sqrt{m}$ であるので、この値($10\text{MPa}\sqrt{m}$)が T-L 方位の真の(残留引張応力場の影響を無視できる)破壊靱性を示していると考えられる。

L-T 方位の破壊靱性は、同様の予き裂長さ依存性を示し、約 $12\text{MPa}\sqrt{m}$ で飽和する傾向を示した。ただし、この方位の 3PB 疲労による予き裂伸延は T-L 方位に比べて困難であり、 $a_0/d_c \geq 4$ の予き裂長は今回は得られなかった。T-L 方位は、L-T に比べて予き裂長制御が容易であることや破壊靱性値がやや低いことは、圧延による粒界配向の影響(粒界が圧延方向に平行に配向しやすい傾向)を反映しているものと考えられる。

参考文献

[1] K. Taguchi, K. Nakadate, S. Matsuo, K. Tokunaga, H. Kurishita, J. Nucl. Mater. 498(2018)445-457

*Kazutoshi Tokunaga¹, Satoru Matsuo¹, Hiroaki Kurishita², Takeshi Toyama³, Makoto Hasegawa¹ and Kazuto Nakamura¹

¹Kyushu Univ., ²KEK, ³Tohoku Univ.

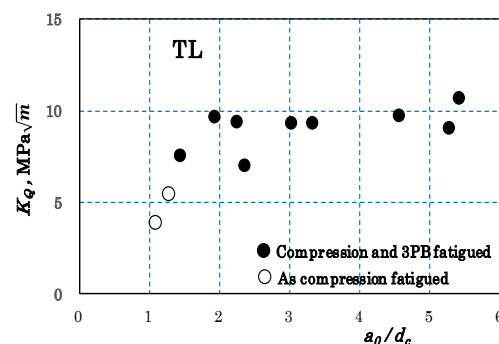


図 1 破壊靱性値の a_0/d_c 依存性