

S407 微小試験片による低放射化材料の破壊靱性評価

Fracture Toughness Evaluation of Reduced Activation Materials with Miniaturized Specimen

栗下裕明、山本琢也¹⁾、長坂琢也²⁾、西村新²⁾、室賀健夫²⁾、実川資朗³⁾

東北大金研、UCSB¹⁾、核融合研²⁾、原研³⁾

KURISHITA Hiroaki, YAMAMOTO Takuya¹⁾, NAGASAKA Takuya²⁾, NISHIMURA Arata²⁾,

MUROGA Takeo²⁾ and JITSUKAWA Shiro³⁾

Tohoku Univ., UCSB¹⁾, NIFS²⁾, JAERI³⁾

1、はじめに

厚さが数mm程度の微小試験片による破壊靱性評価法を確立することは、核融合炉材料照射装置における照射体積の著しい制約に応え、照射時の中性子束・温度分布の不均一性を低減し、薄肉構造物である核融合炉第一壁の破壊靱性値を評価するために必要である。また、その際に使用する破壊靱性試験法は、限られた本数の、顕著な照射脆化が生じ得る重照射試験片に対しても、適用可能なものでなければならない。本研究では、核融合炉原型炉の第一候補材料である低放射化フェライト鋼を対象とし、微小曲げ試験片による破壊靱性評価法を開発することを目的とする。

2、実験方法

対象とする試験片は低放射化フェライト鋼 JLF-1 の 3 点曲げ試験片で、試験片の厚さが 7mm、5mm、3.3mm、幅が 10mm、5mm、3.3mmとした。スパンは幅の 4 倍である。これらの試験片に対して、疲労予き裂を導入する方法を確立するとともに、77～473K の温度範囲で破壊靱性試験を実施可能な試験治具（微小クリップゲージを含む）を作製して通常の破壊靱性試験（ K_{IC} 、 J_{IC} 、COD 試験）を行い、疲労予き裂が確実に進展して破壊靱性値の取得が可能となる試験片の幾何学的形状を調べた。一方、破壊靱性試験後の破面観察により、厚さ 3.3mmの微小試験片でも試験温度によらず主に平面歪条件で破壊していることを確認し、平面歪条件での有限要素法解析を行って変形（負荷）に伴う応力場と歪場を評価した。

3、結果と考察

微小 3 点曲げ試験片における予き裂導入法としては、き裂進展につれて荷重レベルを適正值に制御可能な K 値（応力拡大係数）スムーズ制御方式が最も有効であった。導入された疲労予き裂の進展は、予き裂の長さ（機械加工により導入したノッチを含む）が試験片幅の 1/2、サイドグループが試験片厚さの 40%の時、試験条件によらず常に確認された。静的な 3 点曲げによる破壊靱性試験において、室温ではき裂の安定成長がみられたので、コンプライアンス法による J_{IC} 試験を行った結果、 J_Q 値として約 210 kJ/m² が得られた。一方、77K では全ての試験片が脆性破壊し、平面歪破壊靱性値 K_{IC} は 13～16 MPam^{1/2} の範囲にあった。ところで、コンプライアンス法では、照射脆化した材料の破壊靱性値や動的な破壊靱性値を測定することは困難であるので、そのような場合にも破壊靱性値が評価可能な新しい試験方法の開発を試みた。この方法は、1 本の試験片を用いて荷重－変位曲線（静的、動的）を実測するとともに、平面歪条件での有限要素法解析により疲労予き裂が進展開始するときの荷重－変位を評価してその点までの破壊靱性値を求めるものであり、したがって J_{IC} 、 K_{IC} のいずれにも対応可能であると考えられる。実際、有限要素法解析において、試験片の有効厚さとして破壊が平面歪条件で生じている厚さを破面上で測定して用いることにより、予き裂進展開始までの荷重－変位曲線を再現できた。

4、まとめ

厚さが数mm程度の微小曲げ試験片について従来の試験法により破壊靱性値の取得が可能であることを示した。また、それらの試験法では評価が困難な場合に適用可能な新しい試験方法について述べた。