

表面と内部の微視き裂進展挙動

大同工業大学 正会員 事口壽男
 大同工業大学大学院 学生会員○井藤忠幸
 大同工業大学 山森哲夫

【1】まえがき

鋼構造物においては一旦き裂が発生すると最終的に破壊に至ると言われている。疲労過程において安定き裂進展挙動は破壊力学パラメータの適応が考慮されているが、微視き裂進展挙動は力学的因子さえ明確でないのが現状である。しかしながら、き裂発生と微視き裂進展挙動についてはほとんど詳細なデータが示されていない¹⁾。本研究は、マイクロハイスコープを用いた動的観察によりき裂発生と微視き裂進展挙動を明らかにしようとするものである。内部のき裂発生と微視き裂の観察は、試験片表面と平行な平面で行った。特定の結晶粒に注目した結晶粒オーダの観察と内部における任意平行面での観察により内部のき裂発生と微視き裂進展挙動が表面と同じ挙動であることを明らかにしようとするものである。電子顕微鏡で疲労破面の観察を行った。

【2】実験方法

実験に使用した試験片はSS400材(平均結晶粒径: $15.5\mu\text{m}$)を用い、その表面をエミリペーパー2000番まで研磨し、アルミナ($0.05\mu\text{m}$)で鏡面仕上げした。結晶粒界を観察するためにエッチングを施した。実験装置にはマイクロハイスコープ(1000倍)からストロボスコープを介し、ジェネレータと同期させ、き裂発生と微視き裂の進展を静止画面として観察できるようにした。内部の方向のき裂の観察は表面からピッカース硬度計を用い、対角線長さをより表面から内部の深さを求めて観察した²⁾。電子顕微鏡の観察では、微視き裂の結晶粒界に対する挙動を明らかにし、同様に疲労破面の観察も行った。

【3】実験結果および考察

マシンノッチ先端のき裂発生前を写真-1に示し、き裂発生後を写真-2(a)に示す。動的観察により、き裂発生はフェライトの結晶粒界に沿って進展した。微視き裂についても結晶粒界に沿って進展した。写真-2(a)のき裂周辺の結晶粒には、個有の方向を持つすべり線が観察された。写真-2(b)は表面から $10\mu\text{m}$ 内部に入ったき裂発生挙動を示す。表面から内部に観察するとき裂周辺の結晶粒が変化するにつれてき裂の挙動も変化しているのを確認した。また、表面から板厚中心の4mmにおいても中心から $10\mu\text{m}$ までの観察を行い同様な挙動が見られた。写真-3は微視き裂進展挙動を示した600倍のSEM観察である。微視き裂ゾーンにおいてはSEM観察によって、結晶粒界に対し



写真-1 き裂発生前 50 μm



写真-2 (a) き裂発生後

てクラック先端を起点として、荷重軸方向に対して45°、135°方向にプロセスゾーンが見られた³⁾。また、き裂は結晶粒界に沿って進展しているため微視き裂の進展挙動は、鋸歯のように進展している。写真-4は微視き裂挙動における破面を3000倍で観察したものである。微視き裂領域における破面にも凹凸の部分が存在している。これは微視き裂領域においては結晶粒界に沿って進展しているといえる。写真-5は安定き裂挙動における破面を3000倍で観察したものである。安定き裂領域においては写真のように平面的な粒内破壊、写真-4のような粒界破壊も存在する。

【まとめ】

本研究では微視き裂領域における動的観察を行い、表面と内部における結晶粒レベルでのき裂進展挙動の観察により得られた結果をまとめると、

1. き裂発生と微視き裂進展挙動においては、結晶粒界に沿って進展している。
2. 表面と内部のき裂進展挙動においては、結晶粒の変化に伴いき裂の挙動も変化している。
3. 疲労破面の観察によると微視き裂領域では結晶粒界に沿って進展しているが、安定き裂領域では結晶粒界と結晶粒内に沿って進展している。

【あとがき】

今後の課題としては、微視き裂進展挙動の $da/dN - \Delta K$ を実験的に考察し検討していく予定である。

本研究は平成6年度文部省科学研究費（一般研究(c)）を受けたことを付記し、ここに感謝します。

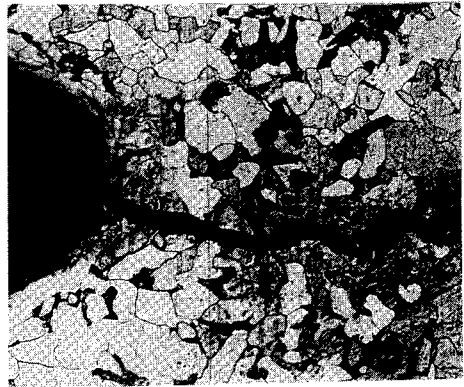


写真-2 (b) 内部き裂挙動



写真-3 微視き裂進展挙動

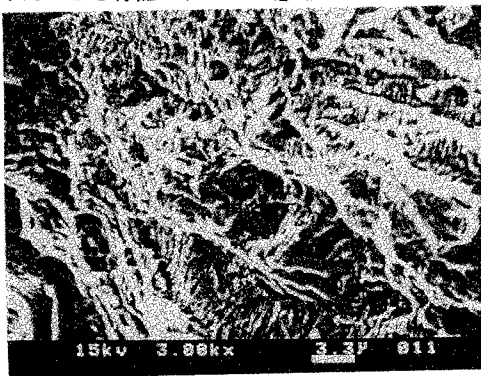


写真-4 微視き裂における疲労破面

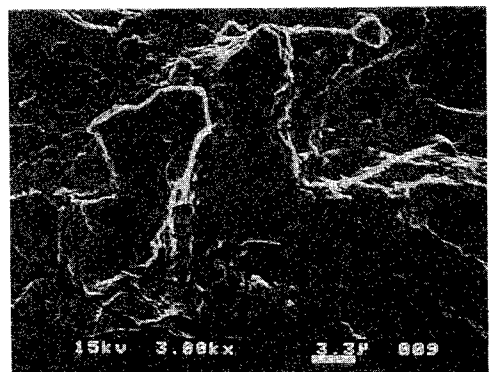


写真-5 安定き裂における疲労破面

【参考文献】

- 1) K.J. Miller, E.R. de los Rios: Short Fatigue Cracks, 1992年.
- 2) 金属材料、強度試験便覧: 日本材料学会編、株式会社養賢堂 p160~p161.
- 3) 事口壽男、井藤忠幸、山森哲夫: 鋼の微視き裂挙動の動的観察、鋼構造年次論文報告集、第2巻（1994年11月）p495~p500.