

(621) 浸炭材のフィッシュアイ破面の破壊力学的検討

金材技研 増田 幸利, 西島 敏, 石井 明, 住吉 英志

1. 緒言

浸炭材の疲れ破壊において低サイクル疲れでは全ひずみ幅が $1 \times 10^{-2}$ 以下でフィッシュアイ破壊を生じていた。ここではフィッシュアイ破壊のき裂の発生, 最終破壊の条件を破壊力学的パラメータに基づいて解析し, 類似組織の材料のデータと比較し, 残留応力, 組織等の影響について検討する。特にフィッシュアイ破壊の中心部においてき裂発生に関与した非金属介在物の寸法及び stage I の入り面の応力軸に対する角度等についてフラクトグラフィ的に調べた。

2. 実験方法

供試材は SCM420, SCr420 で小型平滑試験片を用いて全制御低サイクル及び回転曲げ高サイクル疲れ試験を行った。試験片の有効浸炭深さは約 $0.8 \text{ mm}$ , 全硬化深さは約 $1.2 \text{ mm}$ である。浸炭材の表面部硬さは約 $\text{Hv} 800$ で, 芯部硬さは約 $\text{Hv} 400$ である。比較材として硬さレベルを同程度とした SK5 鋼を用いた。破面は走査型電子顕微鏡により観察した。

3. 実験結果

(1) フィッシュアイ破壊の中心は表面硬化層直下の表面から $1.0 \sim 1.3 \text{ mm}$ の深さで, その中心部には写真1(a)に示すように直径が $20 \sim 50 \mu\text{m}$ の非金属介在物が認められることが多い。

(2) フィッシュアイ破壊の中心部で非金属介在物が見られれば, 写真1(b)に示すように応力軸(紙面に対し垂直方向)に対しほぼ $45^\circ$ 傾斜したファセットが認められる。この特徴は上下の破面で凹凸がほぼ向きをくみ合うことから, セン断入り変形によるオ1段階き裂と考えられる。このオ1段階き裂はその後 mode I 型のき裂に遷移するが, その寸法は約 $30 \mu\text{m}$ と計算から推定される寸法約 $22 \mu\text{m}$ より大きい。

(3) き裂発生の応力拡大係数 $\Delta K_i$ は試験応力によらず $2.0 \sim 4.7 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ の範囲にあり, その平均値は約 $2.9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ であった。これは低温焼もどしマルテンサイト組織の場合の $\Delta K_{th}$ の平均値 $3.1 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ とほぼ一致している(図1)。なお $\Delta K_i$ は次式により計算した。

$$\Delta K_i = \frac{1}{1.64} \cdot \{3\pi \cdot \Delta \sigma_{net} \sqrt{2a}\} \quad (1)$$

ここで $\Delta \sigma_{net}$ は正味応力範囲,  $2a$ は非金属介在物寸法である。

(4) フィッシュアイ破壊が表面に顔を出して急速破壊に移行する時の最大応力拡大係数 $K_{fmax}$ は約 $32 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ でほぼ一定となるが, 高硬度材の $K_{fmax}$ (約 $22 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ )より大きく, 残留応力の影響があるものと考えられる。

4. 文献 省略

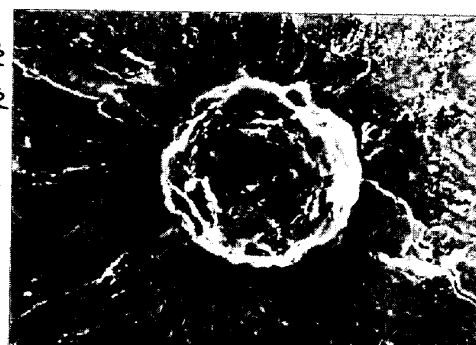


写真1 フィッシュアイ中心部のフラクトグラフ

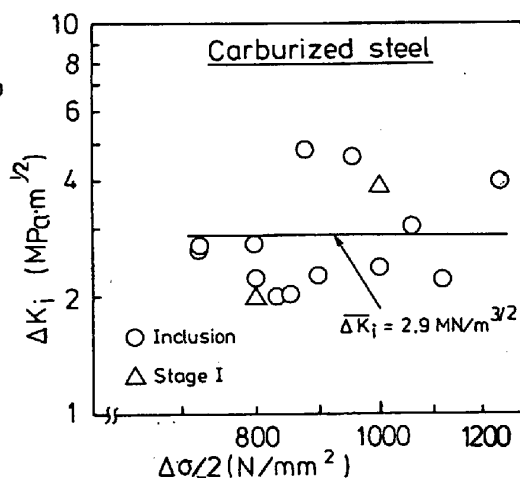


図1 き裂発生の $\Delta K_i(R=0)$ 値と試験応力幅 $\Delta \sigma$ との関係