'81－S 420　　539.52: 539.56

PS－20

水素脆性を伴った延性－脆性混合破壊を呈する4340鋼の破壊靭性の破面解析とAE解析による定量的評価

東大院　野末　章　.東大宇航研　岸　輝雄　堀内　良

1. 緒言

本研究は延性－脆性混合破壊を呈する4340鋼をモデル材として用い，破面解析と動的き裂検出法としてのAE法を適用することにより，き裂進展過程を微視的観点から追求し，この材料の破壊靭性を水素に起因した粒界微視割れと，ディンプル破壊の個々の破壊靭性により，定量的に理解しうることを実証したものである。なお本研究における微視割れの単位は結晶粒単位（粒界割れ），およびディンプルの大きさの単位を意味している。

2. 実験方法

実験に用いた試験片は板厚10mmのCT試験片であり，熱間鍛造後，5条件の熱処理が施されている。熱処理条件は，850°C × 20 min の油焼入れ，及び200°C，300°C，400°C，600°Cで各1時間の焼戻し処理条件である。破壊靭性試験については，ASTM規格E399－74に準じて実施し，併せてき裂進展に伴うAEを測定した。

3. 実験結果

実験としては，破壊靭性試験（FT test），水素脆性試験（HE test），Rカーブ法，ならびにK_{Iscc}導出法の4種類の実験がなされている。その実験結果の一例をFig. 1に示す。本研究では，単一微視破壊を支配する破壊靭性として，水素に起因した粒界微視割れの破壊靭性G^{IG}_{micro}とディンプル破壊の破壊靭性G^{D}_{micro}の提唱を行った。AE生成に寄与する粒界脆性破壊と，AE生成に殆ど寄与しないディンプル破壊の混合破壊を呈する4340鋼の巨視的破壊靭性G_Iは，(1)式で示された線型複合則で整理された。

$$G_I = G^{IG}_{micro}\,\Phi_{IG} + G^{D}_{micro}(1-\Phi_{IG}) \qquad (1)$$

ここでΦ_{IG}は粒界破面率であり，粒界破壊とディンプル破壊の相互作用に基く寄与は無視されうることが判明した。更にAEエネルギーを解析することにより，G^{IG}_{micro}がΦ_{IG}に独立であるという結果を得た。尚，G^{D}_{micro}については，Φ_{IG}に独立であるという仮定の下に考察がなされている。またG^{IG}_{micro}は水素脆性の下限界エネルギー解放率G_{Iscc}（←K_{Iscc}）と，G^{D}_{micro}はディンプル破壊の開始点J_{IC}といった巨視的破壊靭性と等価であることが理解された。

最後に，粒界微視き裂生成過程は以下のように説明される。予き裂先端塑性域内の結晶粒に堆積した転位群が隣接結晶粒に，微視的応力拡大係数K_{micro}（←G_{micro}）なる局所的応力集中をもたらし，材料の破壊抵抗が水素に起因して低下し，その破壊抵抗が粒界破壊のクライテリオンK^{IG}_{micro}（←G^{IG}_{micro}）に達した後，塑性域内に粒界微視き裂が生成される。K_{micro}は次式で表わされる。

$$K_{micro} = \beta\,\sigma_y\sqrt{\pi d}\;f(\theta,\alpha) \qquad (2)$$

ここでβは定数，σ_yは降伏強さ，dは結晶粒径，$f(\alpha,\theta)$は角度補正項である。

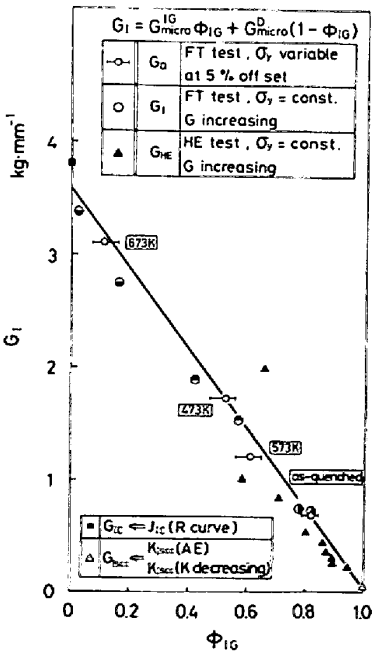

Fig 1　エネルギ解放率G_Iと粒界破面率Φ_{IG}との関係