

(426) 18Ni(200) マレージング鋼の疲れき裂伝播における破壊機構図

金属材料技術研究所
筑波支所○角田方衛 丸山榮夫
内山郁

1. はじめに♦鉄鋼材料の疲れき裂伝播速度, da/dN , は, き裂伝播の下限界値 ΔK_{th} における 10^{-8} ~ 10^{-9} m/c から高 ΔK での不安定破壊に至るまでの広範囲に変化する。疲れ破面には, 破壊機構の違いにより, ヘキ南, 擬ヘキ南, 粒界割れ, ストライエーション, ディンプルなどが現われる。実際の破壊に遭遇した際, 破面は事故原因究明の有力な手掛りになるので, 疲れき裂伝播の全域にわたって破面を解析し, 定量的に把握しておくことは重要である。さらにその破面から伝播速度, 応力拡大係数, 伝播方向などの推定が可能であれば, その機構図が材料選択や構造物設計に寄与するところは大きいと思われる。本報告は以上のことを考慮して18Ni(200)マレージング鋼を用いて疲れき裂伝播破面全域の定量的解析を試みたものである。

2. 実験方法♦(a)対象鋼種: 主化学成分 ~ 17.7%Ni - 7.5%Co - 4.0%Mo - 0.26%Ti, 熱処理 ~ 815°C×1h → 空冷 → 482°C×3h → 空冷, 前処理粒大さ ~ 11 μ m, 機械的性質: 引張強さ 138.6 Kgf/mm², 単調降伏強さ 131.4 Kgf/mm², 繰返し降伏強さ 111.5 Kgf/mm², ΔK_{th} 11.0 Kgf/mm^{3/2}。(b)疲れ試験: 試験片形状 - 片側切欠付 5mm 厚 40mm 幅板, 試験方法 ~ 引張 - 引張, 応力比 $R=0.10$, 試験環境 ~ 大気, $f=20$ Hz。(c)破面観察: 走査型電子顕微鏡を用いた。

3. 結果♦ ΔK_{th} 近くの低 da/dN 領域では破面は脆性的で組織に敏感であり, 構成破面単位はラスパケット, ドロップなどの最小の大傾角粒大さにたいして対応している。その際, 各パケット中のラス束の方位の巨視的き裂伝播方向に対する傾きは全くランダムであり, その平均値は (Δd_m) 図1に示すように約40°となっている。この Δd_m は ΔK の増大とともに小さくなり, ラス状模様の方は巨視的き裂方向に揃ってくる。このラス状束は $\Delta K \approx 60$ Kgf/mm^{3/2} までほとんど現われなくなる。き裂先端の繰返し塑性域大さ $R_{p(c)}$ が前処理粒大さ γ_m と等しくなる ΔK は図に記号Bで示してある。したがって, $R_{p(c)} > \gamma_m$ になると破面にはラス状模様の束は現われなくなる。

粒界割れが現われるのは $45 > \Delta K > 12$ Kgf/mm^{3/2} であり, 粒界破面率のピーク値は $\Delta K \approx 25$ Kgf/mm^{3/2} においてである。き裂先端の単調塑性域大さ $R_{p(m)}$ が γ_m に等しくなる ΔK は同図に記号Aで示してあり, $R_{p(m)} > \gamma_m$ になると粒界割れは現われなくなる。

$R_{p(c)} > \gamma_m$ になると破面の様相は変化が著しくなる。 $R_{p(c)}$ に相当する $\Delta K \approx 70$ Kgf/mm^{3/2} 近くでは破面単位の大さは γ_m に等しく, それより ΔK が大きくなると破面単位は大きくなる。この $R_{p(c)} \approx \gamma_m$ を境として da/dN - ΔK 曲線はその勾配が変化する。 $\Delta K \geq 80$ Kgf/mm^{3/2} になるとストライエーションが現われはじまる。本鋼において, da/dN (巨視的速度) とストライエーション間隔 $(da/dN)_{s.p.}$ との間には: $\Delta K < 110$ Kgf/mm^{3/2} では $(da/dN)_{s.p.} > da/dN$, $210 > \Delta K > 110$ Kgf/mm^{3/2} では $(da/dN)_{s.p.} = da/dN$, したがって $\Delta K > 210$ Kgf/mm^{3/2} では $(da/dN)_{s.p.} < da/dN$ 。

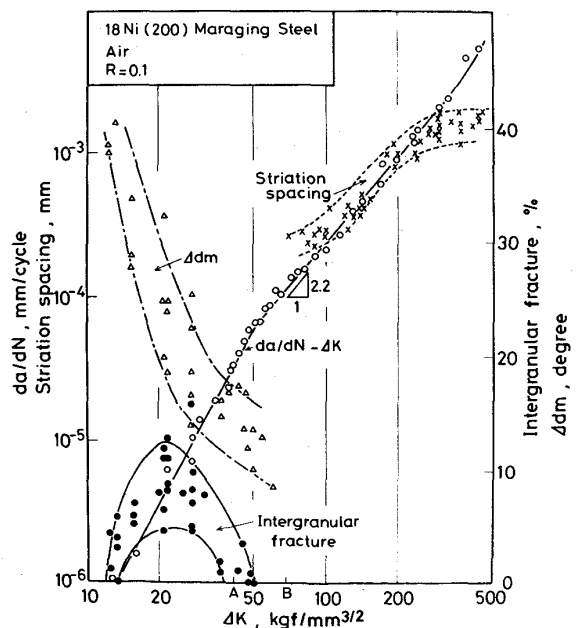


図1 ラス状模様の方位の巨視的き裂伝播方向に対する平均傾き, 粒界破面率, $(da/dN)_{s.p.}$ および da/dN と ΔK との関係