

(751)

4340鋼の水素誘起粒界割れの割れ面積及び割れ速度のAE原波形解析による評価

東大工

○岸 輝雄 大平貴規

1. 緒言 水素に起因する高強度鋼の粒界割れは、結晶粒径程度を単位として不連続に進展することが示唆されているが、個々の割れの単位面積あるいは速度を評価することは従来殆ど不可能であった。筆者らは、変形及び割れの素過程に関する定量的情報を直接知りうるAE原波形解析法を用いて、4340鋼の粒界割れの面積及び速度の評価を試みた。

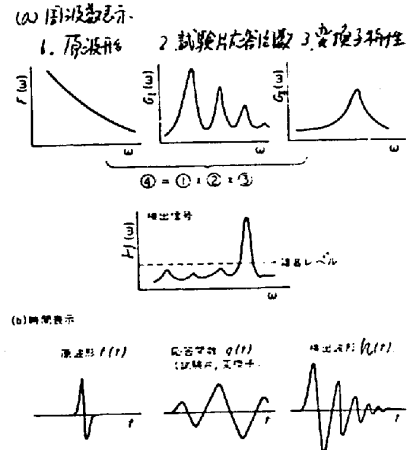


Fig. 1 原波形と検出波形

2. AE原波形解析の原理

AE技法において最も重要な問題点の一つは、変換子の出力(検出波形)の物理的意味を定量的に評価することである。すなわち、材料内の変形及び破壊により生じた原波形は、Fig. 1に示されるように媒体の形状寸法に依存する弾性波の伝播特性及び変換子の特性等によりその形が大きく変じ、一般に検出波形は原波形とは大きく異なったものになる。従って検出波形h(t)から媒体及び変換子に依存しない原波形f(t)を求め、材料強度の研究及びAE技法の定量化の両面から重要である。

今、媒体及び変換子を一括した伝答関数をg(t)とすると(1)式が成立する。

h(t) = ∫₀ᵗ g(t-τ)f(τ) dτ (1)

従ってg(t)が与えられれば原波形f(t)は(2)式より得られる。

f(t) = ∫ₜⁱ h(t-τ)g'(τ) dτ (g'(t): g(t)の逆関数) (2)

しかしながら、一般にg(t)を解析又は数値計算により求めることは殆ど不可能であるので、筆者らは、ある既知のf(t)を入力として与えたときの出力h(t)よりg(t)を実験的に得るという手法をとった。f(t)を生じせしめる擬似AE源として、シャープペンシル芯の圧折を用いた。

3. 4340鋼の粒界割れに生ずるAE原波形とその物理的意味

4340鋼の破壊靱性試験においては、ASTM規格にもとづくK_{IC}に至る前からAEが計測され、これらは水素に誘起された粒界割れに伴い発生していることが既に著者らにより報告されている。このAE原波形を求めた二例をFig. 2(a)(b)に示す。破壊に伴うAE原波形は、エネルギーの次元を有するforce dipole sourceとして得られ、Fig. 2よりその強度ΔD及び持続時間Δtが評価される。

Δtは、個々の割れ単位の持続時間と直接表わしており、一方ΔDは

ΔD = E b ΔA (E: ヤング率, b: 3点裂開口変位, ΔA: 3点裂面積) (3)

と与える。bは3点裂進展中のエネルギー解放率すなわち破壊抵抗に対応しており、粒界割れ時の抵抗がK = K_{IH} ≈ 30 kg mm^{-3/2}であると考えると小規模降伏条件では

b = (4 K_{IH}) / (π E σ_y) ≈ 0.4 μm (4)

となる。従って、Fig. 2よりΔD, Δtが与えられると(3)(4)式より個々の割れ単位の面積ΔAが得られ、さらに3点裂形状を円形と仮定すると割れの平均速度vは

v = √(ΔA / π) / Δt (5)

より求められ、Fig. 2の原波形に対してこの計算を行うと、(a)ではΔA ≈ 1.6 × 10⁻¹ mm², v ≈ 400 m/sec, (b)ではΔA ≈ 5.5 × 10⁻² mm², v ≈ 100 m/secという値が得られた。本材料の平均粒径は約30 μm²あり、割れの単位は(a)は数十結晶粒に及び(b)はほぼ1つの粒に対応していると考えられる。

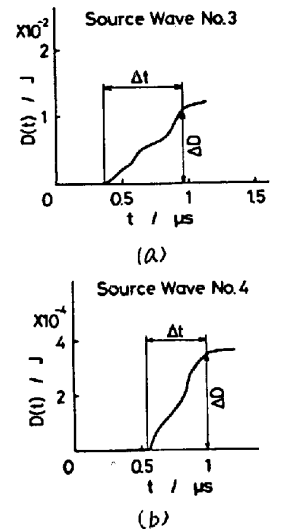


Fig. 2 粒界割れの原波形