

(563) 肉盛溶接部はく離による実測AE波形とシミュレーション波形の比較

(AE計測による肉盛溶接部はく離の定量的評価—第2報)

PAC/ダネガン・ジャパン㈱
川崎製鉄㈱ 鉄鋼研究所
熊本大学 工学部

○湯山茂徳
今中拓一
大津政康

1. 緒言

本研究では、広帯域変位測定変換子で計測される肉盛溶接部はく離による実測AE波形と、理論的に得られるシミュレーション波形を比較し、はく離の割れ発生ユニットや開口量、さらにその生成時間などに関する定量的評価を行った。

2. 理論

動弾性学および転位モデルによる理論に従えば、半無限体中に生ずる表面に水平な引張り裂による表面に垂直方向の変位は、 λ および μ をラメの定数、また $G_{ik,k}$ をグリーン関数の空間微分とすると、

$$u_3(x,t) = \int_0^s T_{33}(x,x';t,t') * [u_3(x',t')] ds \quad (1)$$

$$= \int_0^s [\lambda G_{31,1} + \lambda G_{32,2} + (\lambda + 2\mu) G_{33,3}] * [u_3(x',t')] ds$$

次に半径 a 、最大開口量 $2h$ の penny-shaped crack を考え、そのき裂面積が媒体に対して無限小に小さく、またき裂体積が中心点 x'_c で評価できるとすると(1)式は、

$$u_3(x,t) = T_{33}(x,x'_c;t,t') * \int_0^s [u_3(x',t')] ds = T_{33}(x,x'_c;t,t') * \frac{4}{3} \pi a^2 h S(t') \quad (2)$$

となる。したがって、適当な時間関数(原波形)を与えることにより、(2)式を用いて表面変位 $u_3(x,t)$ を計算することができる。

3. 実測AE波形とシミュレーション波形の比較

Fig. 1 に水冷15時間後に、S9208変換子で実測された波形の一例を示す。この時事象発生位置 (x,y) は $(8,35)$ と計算された。それゆえ、震央距離 $x = 27\text{mm}$ 、震源深さ $H = 5\text{mm}$ であるから $x/H = 5.4$ となる。ここで初期波形に見られる3つのピークは、それぞれP、SP、S波の到達

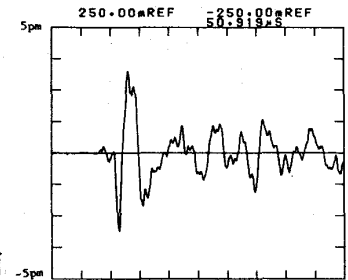


Fig. 1 Detected waveform

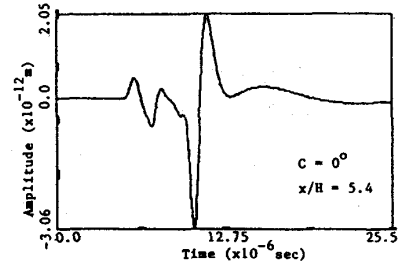


Fig. 2 Simulated waveform

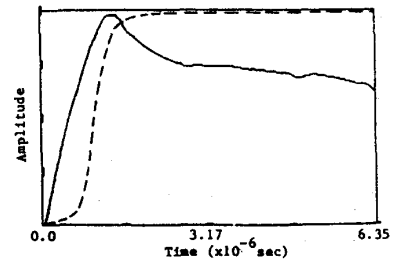


Fig. 3 Source function

に相当すると考えられる。一方Fig. 2 に $x/H = 5.4$ に対するシミュレーション波形を示す。これは(2)式を基に、 $a = 20\text{ }\mu\text{m}$ 、 $2h = 4\text{ }\mu\text{m}$ のき裂が立上り時間 $2\text{ }\mu\text{s}$ でステップ関数的に発生したと仮定して得た波形である。両者を比べると、実測波で反射等の影響の現われる初動波到達後数 μs 以前の範囲では、二つの波形は定量的に非常によく一致している。このことは、実測波は直径 $40\text{ }\mu\text{m}$ 、最大開口量 $4\text{ }\mu\text{m}$ の円板状き裂が、立上り時間 $2\text{ }\mu\text{s}$ 程度のステップ状時間関数で形成された時発生したものと考えてよいことを示す。このように、実測波形とシミュレーション波形の初動部分の定量的一致は、はく離割れ発生過程の定量的評価を可能にする。

ところで、式(2)により、実測波形 $u_3(x,t)$ および $T_{33}(x,t)$ の逆たたみ込み積分を行うことで原波形 $S(t)$ を得ることができる。Fig. 3 に Fig. 1 の実測波形において初動波到達後 $12\text{ }\mu\text{s}$ までの初期波形を T_{33}^{-1} で逆たたみ込み積分して得た原波形を実線で示す。参考のためシミュレーション波形を得るのに用いた原波形を、重ねて破線で示してある。シミュレーションに用いた原波形は、なめらかなステップ状関数であるのに対し、実測で得た原波形では、いったん最大値を示した後下降しており、実際のき裂形成過程が、かなり複雑な様相をとる過渡的現象であることを示唆している。