

Q

ストライエーション間隔から応力範囲を評価する場合の注意点はありますか。

参照 Q No. : FB-07, FB-10, FB-13, FB-14, FB-18

A

一般的に、ストライエーション間隔から応力範囲を評価する場合には、以下の式を用いる。

$$S = C \Delta K^m \quad (1)$$

$$\Delta K = \Delta \sigma \sqrt{\pi a} \cdot F \quad (2)$$

S : ストライエーション間隔

ΔK : 応力拡大係数範囲

$\Delta \sigma$: 応力範囲

a : き裂深さ

(起点から観察位置までの距離)

F : き裂形状の補正係数

C, m : 定数

以上の式の変数はストライエーション間隔 S 、き裂深さ a 、補正係数 F 、定数 C, m であり、評価する際の注意点を以下に示す。

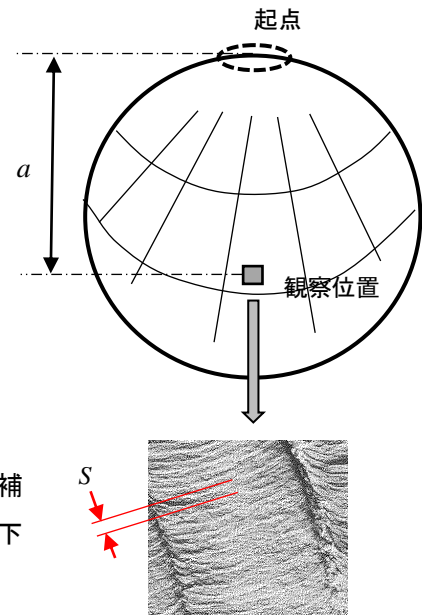


図1 ストライエーション

(1) ストライエーション間隔

ストライエーションとは、疲労破面に観察される縞模様であり、その間隔は1サイクルあたりのき裂進展量(き裂進展速度)を示す。

ストライエーションはき裂前縁に沿うすべての位置で形成されるが、破面形成後の新生破面(表面)に塑性変形の結果として生成されるすべり線と、破面接触(き裂閉口)の繰り返しのよって、本来の形状が損なわれる場合が多い。特に、き裂がジグザグに進展し、破面に凹凸が形成される場合に、この傾向は顕著となる。したがって、明瞭なストライエーションは、局所的にしか観察されない。しかし、不明瞭なストライエーションであっても、本来の形状が損なわれた結果であることは、識別できる。これをストライエーション状模様という。

破面には、ストライエーションに類似した模様(疑似模様)が観察される。代表例が、炭素鋼のパーライト組織である。疑似模様は、ストライエーション状模様ではない。

ストライエーション状模様が観察される領域のうちで、明瞭なストライエーションが局所的に観察され、その間隔が測定できる場合には、ストライエーション間隔をき裂進展速度とすることができる。試験片の破面を対象として、明瞭なストライエーションの判定基準が提案されている。しかし、実機の破面への適用は、参考にしかない。

ストライエーションが観察される領域が存在するのは、特定の ΔK の範囲(またはき裂進展速度の

範囲)に限定される。 ΔK が低くなれば、電子顕微鏡の分解能の限界から、ストライエーション間隔は測定できなくなる。測定可能なストライエーション間隔の最低値は、 $0.01 \mu\text{m}(10^{-5}\text{mm})$ 程度であり、観察倍率は1万倍以上が必要となる。ストライエーション間隔の最大値は、 $10 \mu\text{m}(10^{-2}\text{mm})$ 程度であり、ストレッチゾーン幅が上限となる。

ΔK が高くなれば、ストライエーション状模様(延性破壊)またはへき開模様(脆性破壊)が局所的に混在するようになる。ディンプル模様またはへき開模様の破面率が50%を超えると、巨視的なき裂進展速度はストライエーション間隔より大きくなる。

(2) き裂深さ, 補正係数

ストライエーションを観察した位置をき裂前縁として、式(2)の応力拡大係数範囲 ΔK におけるき裂深さ a とき裂形状の補正係数 F を決定する。

き裂深さ a は、破壊起点(き裂発生点)とストライエーション観察位置の距離であり、起点を推定することが必要である。疲労破壊の場合、ビーチマークとラジアルマークが肉眼で観察される場合は、それらから推定されるき裂進展方向の収れんする位置が起点となる。

き裂形状は起点を中心とし、ストライエーション観察位置をき裂前縁に含む半楕円表面き裂とする。

(3) 定数 C, m

ストライエーション間隔と応力拡大係数範囲の関係における C, m の値は、対象の材料を用いて実験的に得られた結果を用いることが望ましい。参考として低合金鋼、アルミニウム合金、銅合金、チタン合金について、以下の式が提案されている⁽³⁾。

$$S = C_2 (1 - \nu^2) (\Delta K / E)^2 \quad (3)$$

C_2 : 平均 9.4, 90%信頼区間(6.0~14.8)

ν : ポアソン比

E : 縦弾性係数

なお、ストライエーション間隔の定量的なデータがない場合には、巨視的なき裂進展速度と ΔK の関係における C, m の値を用いることができる。

[参考文献]

- (1) 小寺沢良一(編著), 'フラクトグラフィとその応用', pp. 118-138, 日刊工業新聞社, (1981).
- (2) 橋内良雄他, 'アルミ合金および軟鋼のストライエーション間隔の統計検討', 日本機械学会論文集, Vol. 42, No. 364, pp.3669-3678, (1976).
- (3) H. Kobayashi and H. Nakamura, 'Evaluation of the Stretched Zone Width and Striation Spacing, Current Japanese Materials Research', Vol. 6, Fractography, The Society of Materials Science, Japan, Elsevier Applied Science, , pp.141-160, (1990).