

Q

高温低サイクル疲労の疲労寿命にひずみの繰返し速度が影響するのはどのような場合ですか。また、その理由を教えてください。

参照 QNo.: FA-18, FA-05

A

室温大気中では、低サイクル疲労および高サイクル疲労の疲労寿命に、繰返し速度は影響しない。しかし、高温低サイクル疲労の場合、繰返し速度の影響があり、疲労寿命は繰返し速度の低下に伴い減少する。これは時間に依存する高温酸化の効果と考えられる。

低サイクル疲労における Coffin 式を、式(1)の一般化した形で表示する。

$$\Delta\varepsilon_p [N_f f^{(\alpha-1)}]^{k_p} = C_p \quad (1)$$

ここで、 $\Delta\varepsilon_p$  は塑性ひずみ範囲、 $N_f$  は繰返し数基準の疲労寿命、 $f$  は繰返し速度、 $\alpha$ 、 $k_p$  および、 $C_p$  は定数である。

繰返し速度  $f$  は、式(2)で定義される。

$$f = \frac{N_f}{t_f} \quad (2)$$

ここで、 $t_f$  は時間基準の疲労寿命である。

定数  $\alpha$  は、 $0 \leq \alpha \leq 1$  であり、 $\alpha=1$  の場合に繰返し数基準の式(3)に、 $\alpha=0$  の場合に時間基準の式(4)になる。

$$\Delta\varepsilon_p N_f^{k_p} = C_p \quad (3)$$

$$\Delta\varepsilon_p t_f^{k_p} = C_p \quad (4)$$

大気中と真空中での実験結果を比較すれば、 $\alpha$  の値が異なる。真空中では、 $\alpha=1$  となり、式(3)が成立し、完全な繰返し数依存で、繰返し速度の影響はない。しかし、大気中では  $\alpha=0.81^{(1)}$  になり、完全な繰返し数依存ではなく、高温酸化による繰返し速度の影響がある。

なお、絶対温度で表示した材料の融点の約 50% を超える温度でクリープが生じる。高温低サイクル疲労の場合に、クリープ疲労の相互作用があり、疲労寿命に繰返し速度とひずみ保持時間が影響する。クリープが生じない高温でも、上記の高温酸化による繰返し速度の影響がある。クリープが生じる高温では、クリープ-高温酸化-疲労の相互作用となる。

[参考文献]

(1) Coffin, L.F., "Fatigue at High Temperature", ASTM STP 520, (1973), pp.5-34.