

(517) 高温低サイクル疲れにおける温度、ひずみ速度依存性のパラメータ表示

金属材料技術研究所

山口 弘二、西島 敏

○鈴木 直之

1. 緒言

クリープ破断強さに対しては Larson-Millerなどの時間・温度パラメータによる整理が広く用いられているが、高温低サイクル疲れではその例¹⁾は非常に少ない。本報告は、高温低サイクル疲れ寿命の温度・ひずみ速度依存性に対してパラメータによる整理の可能性を検討したものである。

2. 方法

クリープ破断に対する Larson-Millerパラメータは式①で表される。

$$P = T (\log t_r + C) \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

ここで t_r はクリープ破断時間、 T は絶対温度、 C は定数である。低サイクル疲れ試験における対称三角波の破断時間 t_f は破断繰返し数を N_f 、ひずみ幅を $\Delta \varepsilon$ 、ひずみ速度を $\dot{\varepsilon}$ とすると

$$t_f = N_f \times 2 \Delta \varepsilon / \dot{\varepsilon} \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

で表される。ひずみ幅は Coffin-Manson の式から

$$\Delta \varepsilon = C' / N_f^\alpha \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

で表される。式③を式②に代入して得る t_f を式①の t_r に代入すれば、破断繰返し数とひずみ速度が同時に入った新しいパラメータを考えることができる。計算の便を考え、これを

$$P = T (\log N_f - A \log \dot{\varepsilon} + B) \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

と表示しよう。このパラメータ P はひずみ幅の2次関数

$$P = C_0 + C_1 (\log \Delta \varepsilon) + C_2 (\log \Delta \varepsilon)^2 \dots \textcircled{5}$$

で表されるとすれば、式④の定数 A と B 、及び式⑤の係数 C_0 、 C_1 、 C_2 は実験データに対し最小二乗法によって最適化することができる。

3. 結果

Fig.1 は、SUS 304, 316 鋼の試験温度 400～600℃、ひずみ速度 $5 \times 10^{-3} \sim 10^{-5} / \text{s}$ のデータ 81個を、式④のパラメータで表したもので、一本のマスター曲線(式⑤)でほぼ表すことができる。Fig.2、Fig.3 は、SUS 304 鋼について、それぞれひずみ速度が $10^{-3} / \text{s}$ における S-N 曲線の温度依存性、600℃における S-N 曲線のひずみ速度依存性を式④、⑤を用いて点線で表示したものであり、生データとほぼ一致している。このようなパラメータによる整理が一般化できれば、欠落データの推定に役立つこととなろう。

文献 1) E.Krempel: Thermal Stresses & Thermal Fatigue (1971), P.36 [Butterworths]

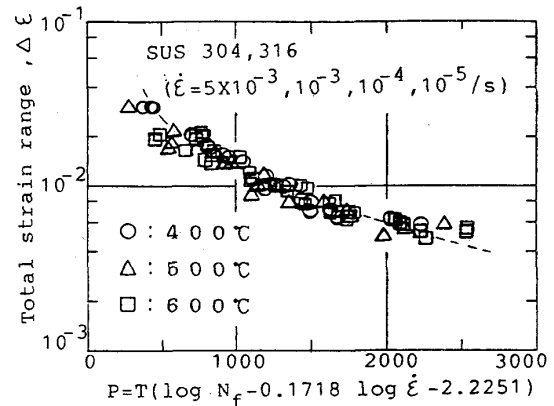


Fig. 1 Low-cycle fatigue master curve for 304 and 316 steels

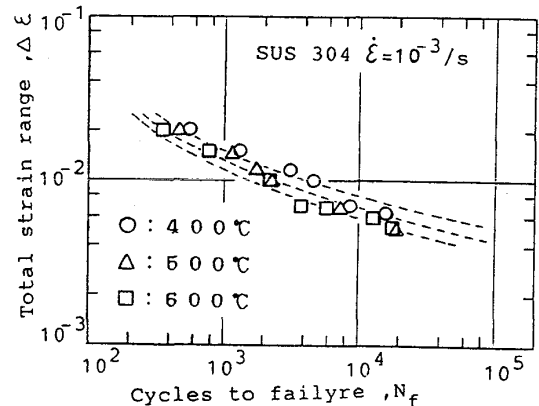


Fig. 2 Temperature dependence of low-cycle fatigue life for 304 steel

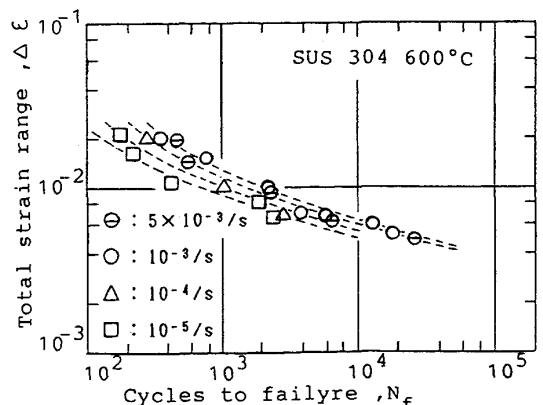


Fig. 3 Strain rate dependence of low-cycle fatigue life for 304 steel