

(622) 高速増殖炉構造材料の高温低サイクル疲労における平均ひずみ効果

石川島播磨重工業 技術研究所 野中勇 北川正樹 大友暁

1. はじめに

高速増殖炉の運転条件においては、平均ひずみを有する高温低サイクル疲労現象は種々考えられる。たとえば、内圧下の蒸気発生器伝熱管にDNBによる温度ゆらぎや熱サイクルが作用する場合、あるいはクリープフラクチュア現象によって累積された非弾性ひずみが平均ひずみとして作用する場合などがある。従来、平均ひずみは疲労強度にほとんど影響を及ぼさないと考えられてきたが、これは平均ひずみがひずみ範囲と同程度の場合であり、高速増殖炉については平均ひずみは比較的大きいこと、長時間使用により材料の延性が低下することなどを考慮すると平均ひずみ効果を検討する必要があると思われる。

SUS304鋼と2¼Cr-1Mo鋼について、それぞれ550°C、470°Cの低サイクル疲労特性に及ぼす平均ひずみの影響を検討した。

2. 試験結果

(1) SUS304鋼についてはFig.1に示すように、平均ひずみ5%の時20%の寿命低下、平均ひずみ10%の時50%の寿命低下、平均ひずみ14%の時、65%の寿命低下を示す。

(2) 2¼Cr-1Mo鋼についてはFig.2に示すように、平均ひずみ2%の時30%の寿命低下、平均ひずみ5%の時40~70%の寿命低下を示す。

3. 考察

(1) 延性の異なる材料の平均ひずみによる寿命の低下は、平均ひずみの絶対値ではなく、破断延性ととの比により整理できる。つまり、延性の小さい2¼Cr-1Mo鋼を同一の平均ひずみに対して延性の大きなSUS304鋼と同等に評価することは危険である。

(2) SUS304鋼の平均ひずみ効果について評価式(1)を提案する。これは、Manson-Coffin式の修正で、平均ひずみを破断延性の消耗とする考え方に基いている。Fig.1における曲線はこの評価式であり、実験値とよく一致している。

$$\Delta \epsilon_r = C_e N_f^{-k_e} + (C_p - \epsilon_m) N_f^{-k_p} \quad (1)$$

(C_e, C_p, k_e, k_p = 定数; ϵ_m = 平均ひずみ)

(3) 2¼Cr-1Mo鋼の平均ひずみ効果を式(1)により評価したのがFig.2であるが、評価式は低ひずみ範囲において実験値と大きく異なる。延性の小さい2¼Cr-1Mo鋼においては、平均ひずみがクラックの伝播のみならずクラックの発生をも早めるため、クラック発生支配的な低ひずみ範囲での寿命の低下が著しいと思われる。このため、2¼Cr-1Mo鋼のような延性の小さい材料の平均ひずみ効果は、クラック発生とクラック伝播に着目し、それぞれの平均ひずみ効果を検討する必要があると思われる。

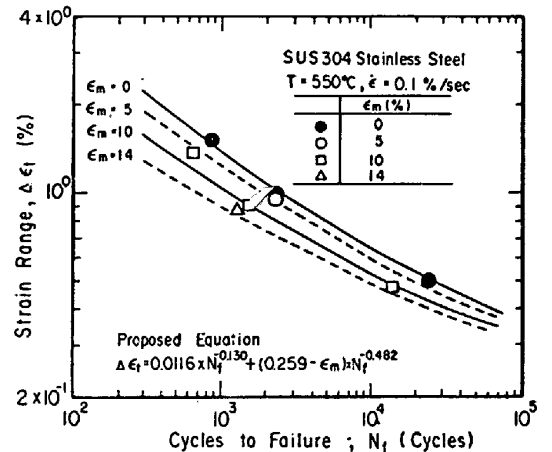


Fig.1. Fatigue Life Predictability by Proposed Equation about Mean Strain Effect for SUS 304 Stainless Steel

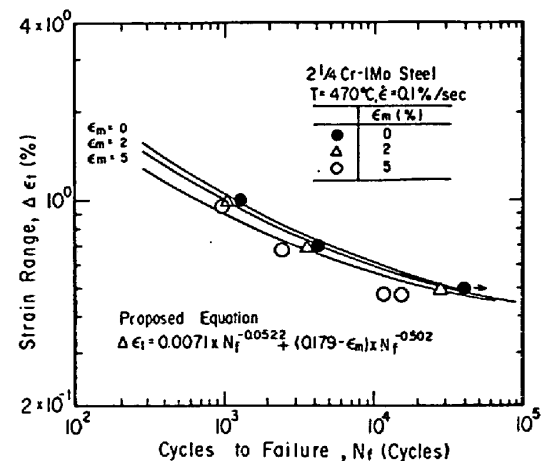


Fig.2 Fatigue Life Predictability by Proposed Equation about Mean Strain Effect for 2¼Cr-1Mo Steel