

(554) Ni基耐熱合金の高温低サイクル疲労挙動に及ぼすひずみ速度およびひずみ保持の影響

日本原子力研究所 ○辻 宏和, 近藤 達男

1. 緒 言

プロセス加熱用原子炉として開発途上の高温ガス炉には、高温部構造用にハステロイXないしはその原子炉用改良合金であるハステロイXRの使用が予定されている。高温構造設計に要求される知見のうち、時間依存因子を考慮した高温低サイクル疲労に関しては、特にそのデータの取得、整備が不十分である。ここでは、ハステロイXおよびハステロイXRを供試材として、高温ガス炉冷却材近似ヘリウム中、900℃における高温低サイクル疲労試験を行い、ひずみ速度およびひずみ保持の影響について検討した。

2. 実験方法

前述した合金の熱間鍛造後溶体化処理材を素材とする、平行部20mm、標点間距離15mmで直径10mmの平滑丸棒型試験片を用いた。試験装置は、高周波誘導加熱装置およびヘリウムガスループ直結の雰囲気槽を有する電気油圧サーボ型の疲労試験機(±5トン)を使用した。試験温度は900℃一定、試験雰囲気は原子炉一次系を近似した原研B型ヘリウム(H₂:200, H₂O:1, CO:100, CO₂:2, CH₄:5μatm含有)である。試験は全て軸ひずみ制御で行い、負荷ひずみ波形は対称三角波および台形波である。対称三角波におけるひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ は、 $\dot{\epsilon} = 2 \times 10^{-3} \% / s, 1 \times 10^{-2} \% / s, 1 \times 10^{-1} \% / s$ の三水準であり、台形波におけるひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ は、 $\dot{\epsilon} = 1 \times 10^{-1} \% / s$ である。

3. 結 果

Fig.1に、対称三角波で得られた、全ひずみ範囲と破損繰返し数の関係を示す。ひずみ速度の低下に伴い、破損繰返し数は著しく低下している。破面の特徴は、 $\dot{\epsilon} = 1 \times 10^{-1} \% / s$ の場合には、概して粒内破面が支配的であるが、 $\dot{\epsilon} = 1 \times 10^{-2} \% / s, 2 \times 10^{-3} \% / s$ とひずみ速度が低下すると、粒界破面の方が支配的となっていた。なお、ハステロイXとハステロイXRの間に、有意差は認められない。

Fig.2に、台形波で得られた、破損繰返し数とひずみ保持時間の関係を示す。引張側ひずみ保持では寿命低下がみられるが、圧縮側ひずみ保持では寿命低下がみられない。

Fig.1の対称三角波によるデータでは、Coffinの提案した繰返し速度修正疲労寿命法で整理すると、良好な結果が得られるが、Fig.2の台形波によるデータを含む統一的な整理はできない。

一方、線形累積損傷則に基づく評価をすると、クリープ損傷 $\phi_c = \int \frac{dt}{t_r}$ が1を大きく上まわって過大評価となり、単純な適用は不合理と思われる。クリープ損傷評価にサイクリッククリープ破断曲線の使用などを含めた修正則を検討すると同時に、メカニズムに立脚した寿命則の確立が望まれる。

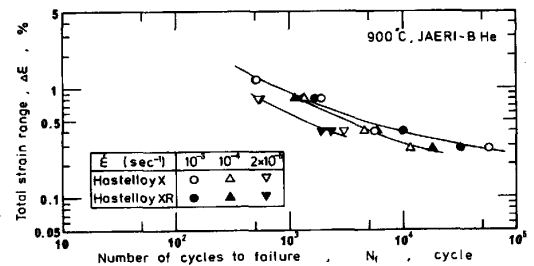


Fig.1 Relation between total strain range and fatigue life under different strain rates.

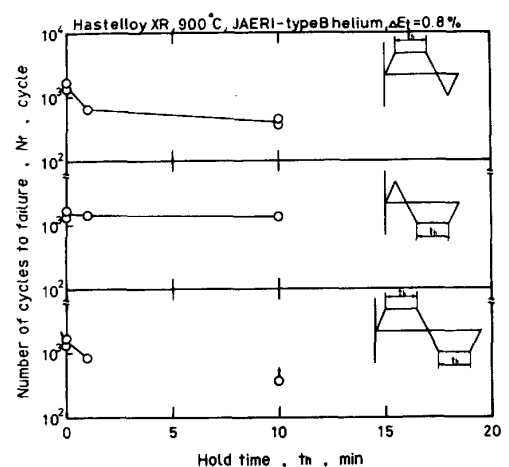


Fig.2 Effect of hold time on low-cycle fatigue life.