

(520) SUS 304 鋼の高温低サイクル疲労強度に及ぼすひずみ波形効果

㈱ 富士電機総合研究所 ○山下満男, 北見 彰
動力炉核燃料開発事業団 和田雄作

1. まえがき

SUS 304 鋼は高速増殖炉の主要構造材料であり、550℃ 付近のクリープ温度領域で使用される。疲労寿命はクリープ効果のためひずみ速度の影響を受けるが、SUS 304 鋼は550℃ 付近では、ひずみ速度によっては動的ひずみ時効が生じることが知られており、クリープ効果を正確に定量的に把握することは難しい。本報では、SUS 304 鋼の550℃ における疲労寿命に及ぼすひずみ速度、ひずみ波形の影響について調べた結果を報告する。

2. 実験方法

供試材は、板厚 40 mm の SUS 304 熱間圧延材である。試験片は、平行部 40 mm, 直径 10 mm の中実丸棒試験片を用い、電気油圧サーボ疲労試験機で軸ひずみ制御試験を行なった。加熱は高周波誘導加熱である。

まず、550℃ における動的ひずみ時効のひずみ速度依存性を確認するため、対称三角波、全ひずみ範囲 1% で、ひずみ速度を 40 cycle ずつ段階的に変え、繰返し定常応力の変化を調べた。この際、ひずみ速度は 1%/sec → 10⁻³%/sec, 10⁻³%/sec → 1%/sec の 2 通りの方法で段階的に変えた。

破断寿命試験の繰返しひずみ波形は、対称三角波、slow-fast 波、fast-slow 波である。試験後、破面を走査電顕で観察した。

3. 試験結果

(1) 550℃ での繰返し定常応力のひずみ速度依存性試験結果(ひずみ速度漸減の場合)を Fig. 1 に示す。応力は、ひずみ速度 $\dot{\epsilon} = 0.01\%/sec$ 付近で最大値を示した。 $\dot{\epsilon} = 1\%/sec \sim 0.01\%/sec$ 間は動的ひずみ時効による効果がクリープによる軟化を上回り、 $\dot{\epsilon} = 0.01\%/sec$ 以下でクリープによる軟化が動的ひずみ時効を上回るようになる。ひずみ速度漸増の場合も同様の結果が得られた。

(2) ひずみ波形効果試験結果を Fig. 2 に示す。この結果をひずみ速度で整理し直したものを Fig. 3 に示す。いずれの波形においても、破断寿命はひずみ速度の低下とともに短くなる。各波形を比較すると、破断寿命は fast-slow > 対称三角波 > slow-fast である。破面は、対称三角波 ($\dot{\epsilon} = 10^{-3}\%/sec$) および slow-fast 波では粒界割れが多く観察され、他は粒内延性ストライエーションが支配的であった。

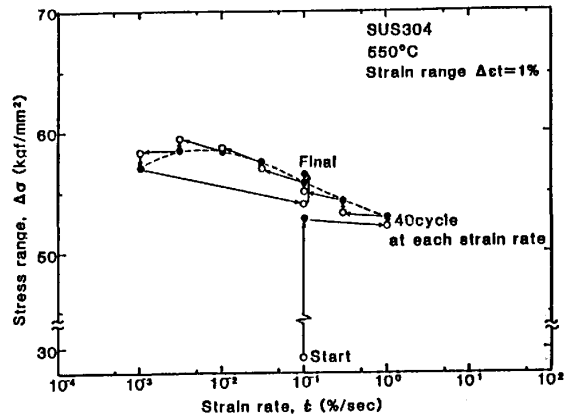


Fig. 1. Effect of strain rate on cyclic stress range at 550°C

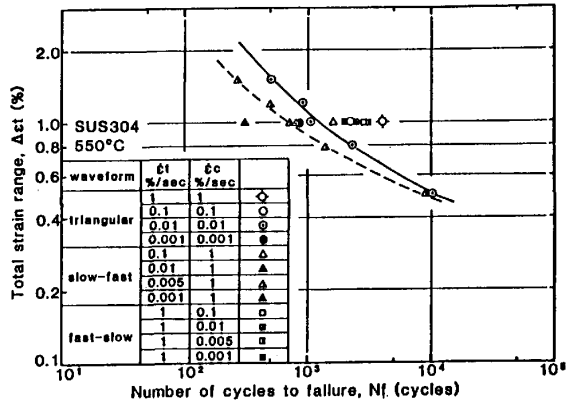


Fig. 2. Low cycle fatigue test results of SUS304 at 550°C

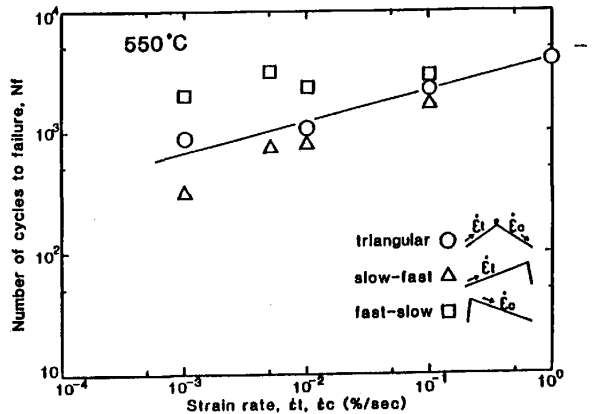


Fig. 3. Effect of strain rate on failure life of SUS304 stainless steel at 550°C