

(631) Inconel 617の高温低サイクル疲労特性におよぼす結晶粒径の影響

石川島播磨重工 技術研究所 ○服部 博 北川正樹
大友 暁

I. 緒言

高温域でのクリープ挙動が結晶粒径に依存することは良く知られているが、高温低サイクル疲労特性における結晶粒径の影響についてはクリープの効果が重畳するため不明な点が多い。本報告は、高温低サイクル疲労を中心としてNi基耐熱合金Inconel 617の高温強度におよぼす結晶粒径の影響を明らかにし、高温強度相互の関連について検討した。

II. 実験方法

市販のInconel 617丸棒材(25.4mmφ)を高温加熱による結晶粒粗大化を利用して1473Kで時間を変えて加熱後、固溶化熱処理を施し、結晶粒径の異なる三種類の供試材を調整した。試験温度1273Kで、ひずみ制御の対称波形による低サイクル疲れ試験、鋸歯状波形によるクリープ疲れ試験、クリープ破断および引張試験を実施した。

III. 実験結果および考察

1)結晶粒が粗粒になると、耐力および引張破断強さとも僅かに増加する。一方、引張破断延性は逆に低下する。

2)図1に示すように、クリープ破断強さの比較では結晶粒が粗粒の試料は長時間側になり、破断時間の差は高応力側で小さく、低応力側では大きい。また、クリープ破断伸びにおいては低応力側で結晶粒径による差が小さくなる。

3)図2に示すように、低サイクル疲れ強さの比較では結晶粒の細粒の試料は破断繰返し数が長寿命側にある。破断繰返し数の結晶粒径依存性は、図3の対称ひずみ波形の結果が示すように、低ひずみ範囲の方が大きい。

4)クリープ疲れ相互作用を鋸歯状ひずみ波形(引張側ひずみ速度 $10^{-5}S^{-1}$ 、圧縮側 $10^{-3}S^{-1}$)による低サイクル疲労試験で評価し、比較結果を図3に示す。クリープの効果による破断繰返し数の低下量は、結晶粒が細粒の場合は大きく、鋸歯状波形による破断繰返し数の結晶粒径依存性は対称波形の結果と比較して小さい。

5)高温低サイクル疲労試験結果を、Mansonが引張破断延性 D_p およびクリープ破断延性 D_c により一般化した $\Delta E_{ij}-N_{ij}$ の関係式 $\Delta E_{pp}/D_p = 0.75N_{pp}^{-0.6}$ 、 $\Delta E_{cp}/D_c = 0.25N_{cp}^{-0.8}$ と比較すると定性的には良い一致を示す。即ち、対称波形の低サイクル疲れの場合は、結晶粒が細粒の試料では引張破断延性が大きいため上式で計算される破断繰返し数が増加し、一方、鋸歯状波形の場合応力振幅に対応する応力レベルのクリープ破断延性の差は結晶粒径によらず小さいので破断繰返し数の差は小さいという予想と一致する。

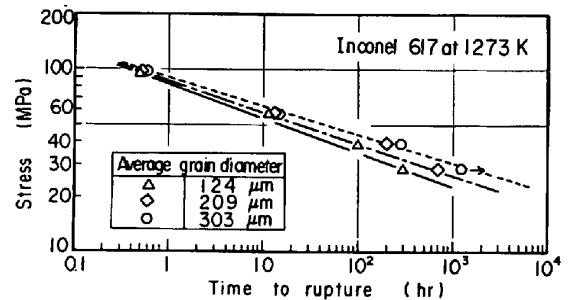


図1 クリープ破断強さにおける結晶粒径の影響

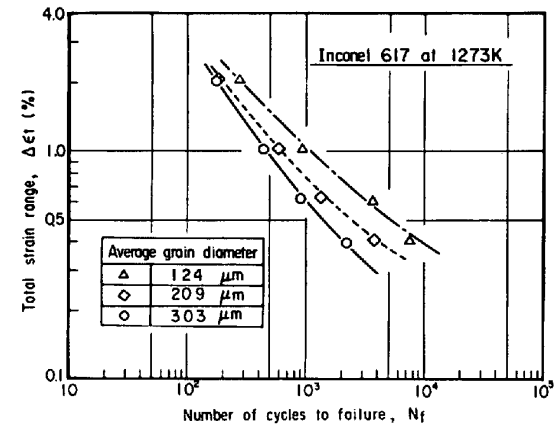


図2 高温低サイクル疲れ強さにおける結晶粒径の影響

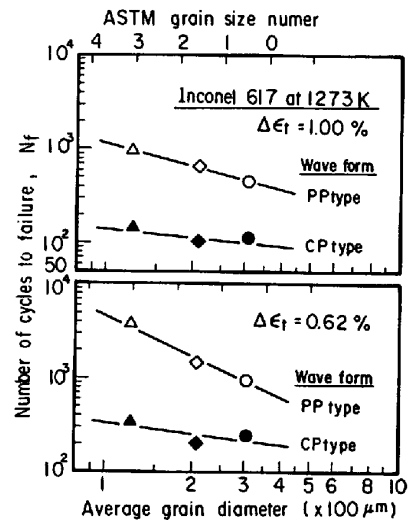


図3 クリープ疲れ強さにおける結晶粒径の影響 (P:P:対称波、C:P:鋸歯波)