

(505) オーステナイト耐熱鋼におけるジグザグ状粒界と高温低サイクル疲労強度

東京都立大学大学院 ○堀内 康 工学部 山本 優
東京都立大学工学部 宮川 大海 日鍛バルブ(株) 藤代 大

1. 緒言 耐熱合金の高温での熱疲労や低サイクル疲労においては粒界キャビテーションによる粒界破壊が生じるので、粒界の性質や形状は粒界破壊を抑制する点から重要と考えられる。著者らはすでに単純クリーブ条件下では、粗大炭化物をもつジグザグ状粒界が粒界破壊を抑制して破断強度を著しく改善することを示した。そこで本研究では、高C高Pオーステナイト耐熱鋼を用いて、高温低サイクル疲労強度への粒界形状の影響をクリーブひずみの解析と破壊形態に基づいて検討し、クリーブ損傷の大きい条件下の高温疲労強度をジグザグ状粒界によって著しく改善できることを明らかにした。

2. 実験方法 供試材は20Cr-11Ni-0.3C-0.2P-2Moのオーステナイト耐熱鋼SUH38である。粒界形状は1200℃溶体化加熱後水冷する処理(WQ)により直線状に、また2段冷却処理(FA)によりジグザグ状に調整した。疲労試験は直径8mm, G.L.12mmの平滑材を用い、油圧サーボ疲労試験機により軸方向ひずみ制御、全ひずみ範囲一定の条件で、室温から700℃までの温度で行った。ひずみ波形は、ひずみ速度を10%/minから0.3%/minまで変えた三角波と、1%/min-10%/minの鋸波(slow-fast)とした。

3. 実験結果 室温と700℃の各波形の試験における全ひずみ範囲($\Delta\epsilon_t$)と破断サイクル数(N_f)の関係(図1)をみると、室温では引張強度の高いWQ材の N_f の方がFA材よりも大きく、破壊形態は両材とも粒内破壊である。しかし、700℃では室温の場合と逆に、引張強度の低いFA材の方が N_f が大きくなる。つぎに、700℃での三角波の場合の N_f へのひずみ速度($\dot{\epsilon}$)の影響(図2)をみると、 N_f は $\dot{\epsilon}$ が減少するにつれてWQ材では著しく低下するのに対し、FA材での低下は非常に小さい。破壊様式は $\dot{\epsilon}$ の減少につれてWQ材では粒内型から粒界型へ移行するが、FA材ではこの移行が抑制されている。さらに鋸波の場合には、三角波の場合と比較して、両材とも N_f は低下するが、低下の割合はFA材の方がはるかに小さい。(図1)そこで、700℃における N_f を各ひずみ波形の非弾性ひずみ範囲($\Delta\epsilon_{in}$)で整理すると(図3)、速いひずみ速度の三角波の場合の N_f は両材とも $\Delta\epsilon_{in}$ に関して同一直線で表されるが、ひずみ速度が遅い三角波あるいはさらに鋸波になると、クリーブ損傷によりWQ材の N_f は著しく低下することがわかる。これに対して、FA材ではこのようなひずみ速度やひずみ波形の影響が非常に小さく、鋸波の場合でさえ速いひずみ速度の三角波の場合と変わらない高い N_f を示している。以上の結果から、ジグザグ状粒界はクリーブ変形ならびに粒界破壊を抑制して、高温低サイクル疲労強度を著しく向上することが結論される。

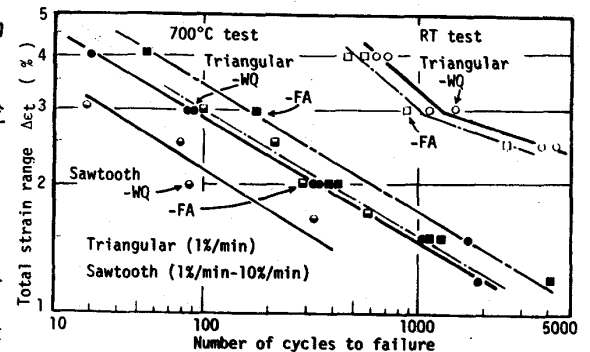


図1 全ひずみ範囲と破断サイクル数の関係

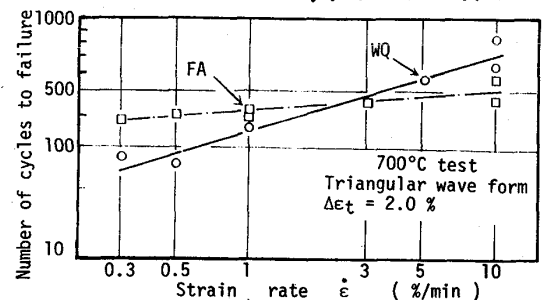


図2 破断サイクル数におよぼすひずみ速度の影響

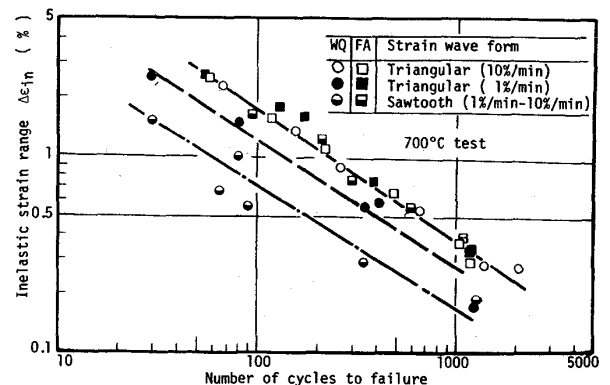


図3 非弾性ひずみ範囲と破断サイクル数の関係