

(683) クリーフ-疲労相互作用を受けるNi基耐熱合金の強度特性への微細組織の影響

東京都立大学工学部 ○吉業正行 宮川大海
 同大学院(現:富士写真フィルム(株)) 浜中達也
 日鍛バルブ(株) 藤代 大

1. 緒言 耐熱合金は通常クリーフと疲労の相互作用を受ける場合が多いが、このように複雑な力学的条件下での強度と破壊におよぼす微細組織の影響に関しては不明な点が多い。

本研究では、とくに高温破壊において重大な役割を果たす粒界炭化物の析出形態や粒界形状などに着目して、Ni基耐熱合金のクリーフ、疲労および両者の相互作用下での強度特性におよぼすこれら粒界性状の影響を破壊形態と関連づけて検討した。

2. 供試材と実験方法 供試材は前報¹⁾と同一組成のInconel 751で、これに以下に示す3種類の熱処理を施して粒界性状を変化させた。

Simple Aging (SA)	: 1200°C×2h→WQ+800°C×24h→AC	(Hv:315)
Two Stage Solution (TS)	: 1200°C×2h→WQ+1120°C×1h→WQ+800°C×24h→AC	(Hv:306)
Direct Aging (DA)	: 1200°C×2h→DA(900°C×6h)→AC+800°C×24h→AC	(Hv:284)

単純時効(SA)と二段階溶体化(TS)によってそれぞれ微細、粗大炭化物を析出した直線状粒界が得られ、また直接時効(DA)により粗大炭化物を析出したジグザク状粒界が得られた。熱処理後の平均結晶粒径はいずれも約153μmである。熱処理後、平行部φ8×10mmの試験片に加工し、軸方向に#500までエメリー研磨した。負荷条件として疲労、クリーフならぬに引張保持を伴う繰返しクリーフ(Hold time/Time of a cycle=0.5)の3種類を採用し¹⁾、電気油圧サーボ式疲労試験機と一部レバー式シングル型クリーフ試験機を用いていずれも荷重制御により800°Cで試験を行った。

3. 実験結果 Fig. 1に3種類の熱処理材の大気中における破断寿命を負荷条件ごとに示す。純粋疲労における寿命は応力レベルによらず常にSA>TS>DAであるのに対して、クリーフと繰返しクリーフにおいては応力レベルによって熱処理と寿命の関係が相違する。すなわち、高応力側(>300MPa)での寿命は疲労の場合と同様の傾向を示すが、低応力になると逆にSA<TS<DAのようになる。

縦断面組織と破面の観察結果から、純粋疲労を受けるSA材とTS材では破壊が粒内(一部双晶境界)で起こるのに対して、DA材では粒内で発生した疲労き裂が粒界に沿って進展することがわかった。このようなDA材の疲労における粒界破壊の傾向とこれに起因する著しい寿命低下は、直接時効過程で粗大粒界炭化物の析出に伴って形成される粒界近傍の無析出帯(PFZ)が高負荷速度においては疲労き裂の選択的かつ急速な進展経路となり得ることを示唆する。一方SA材とTS材における寿命の相違は粒界性状には依存せず、おもに両者の粒内強度(硬さ)の差違と密接に関連していると考えられる。

これに対して、クリーフと繰返しクリーフ条件下では破断寿命に対してクリーフ損傷が支配的であり¹⁾、いずれの熱処理材においても粒界破壊の様相を呈する。このうち高応力側では粒内の変形抵抗が破壊に対する主要な因子となるので、寿命はおもに粒内強度に支配される傾向にある。しかし低応力になると、クリーフ変形に対する粒界すべりの寄与が相対的に増大するので、破壊はむしろ粒界すべりに起因したクリーフき裂の発生・伝播過程に支配される。それゆえ、粗大炭化物を析出したジグザク状粒界ほどクリーフ破壊を抑制して寿命の増大に著しく寄与すると考えられる。

文献 1) 浜中, 吉業, 宮川, 藤代: 鉄と鋼, 57 (1981), S1262

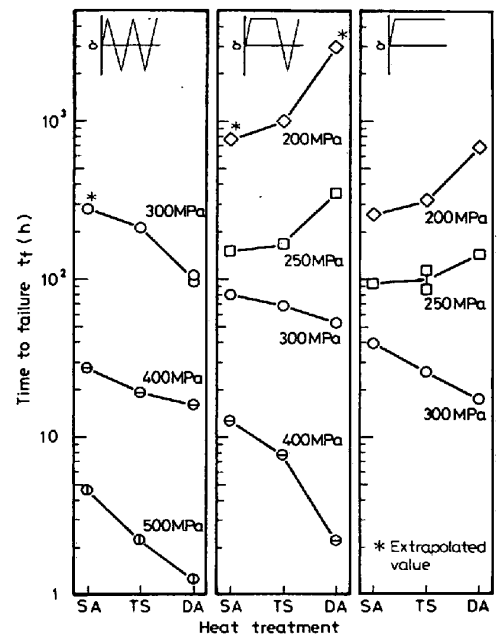


Fig.1 Failure lives under various loading conditions at 800°C.