

(580) TM-49合金の高温特性に及ぼす結晶粒径の影響

金属材料技術研究所

呂 芳一

○小野寺秀博

山崎 道夫

1. 緒言: ガスタービンのタービンブレードは最高約1000℃の温度下にさらされ、クリープ強度、熱疲労強度、耐高温腐食性が要求される。適切な高温強度を得るためには、組織と高温強度の関係を明らかにし、最適な組織を得る必要がある。そこで本研究では、タービンブレード用合金として当研究所で開発された耐高温腐食性のNi基合金のTM-49を用いて、高温強度を支配する組織因子のひとつである結晶粒径とクリープ破断寿命、高温引張特性及び高温低サイクル疲れ寿命の関係について検討した。

2. 実験方法: TM-49 (Ni-12.1Cr-12.0Co-8.8W-5.7Ti-3.2Al-0.11C-0.09Zr-0.01B, wt%) を真空中で高周波溶解した後ロストワックス鑄型で中実丸棒試験片とし、鑄造状態で試験に供した。クリープ破断試験は、800℃, 35 kgf/mm², 900℃, 25 kgf/mm²及び1000℃, 12 kgf/mm²の条件で、平均結晶粒径、0.1 mm及び1.0 mmの2種類の試料について行った。高温引張試験は、10⁻⁴ S⁻¹の歪速度で、800℃, 900℃, 及び1000℃で平均結晶粒径0.1 mm及び1.0 mmの2種類の試料について行った。高温低サイクル疲れ試験は、歪幅±0.25%の三角波により、800℃, 900℃及び1000℃の温度下で平均結晶粒径0.3 mm及び1.5~2.0 mmの2種類の試料について行った。又、比較のため、クリープ破断強さがTM-49より低いIN-738 LC合金についても高温低サイクル疲れ試験を行った。

3. 実験結果: (1)、高温引張試験; 0.2%耐力及び引張強度については、各温度とも、結晶粒径の変化にともなう大きな相違はみられなかった。伸びは、各温度とも細粒の方が大であった。

(2)、クリープ破断試験; クリープ破断寿命は、表1に示す様に、各温度とも、粗粒の方が大であった。クリープ伸びは、1000℃では細粒の方が大であるが、800℃及び900℃の場合は顕著な差はみられなかった。最小クリープ速度は、800℃では粗粒の方が大であるが、900℃及び1000℃では細粒の方が大であった。クリープ破断後の試料には、表面で発生したと考えられるクラックの他に、写真1に示す様な、応力付加方向に垂直な内部クラックがすべての試料で観察された。

(3)、高温低サイクル疲れ試験; 表2に示す様に、TM-49及びIN-738 LC合金とも、各温度において、細粒の方が破断繰返し数は大であった。破断後の試料には、表面から発生したクラックは観察された(写真2)が、内部クラックはほとんどみられなかった。クリープ破断寿命と疲れ破断繰返し数における結晶粒径依存性の相違は、この様な破壊様式の相違が一因と考えられる。

表1 クリープ破断試験結果(TM-49)

平均粒径(mm)	800℃ 35 kgf/mm ²	900℃ 25 kgf/mm ²	1000℃ 12 kgf/mm ²
0.1	破断時間 1714 h	214 h	181 h
	伸び 1.23 %	2.33 %	6.63 %
	最小クリープ速度 4.34×10^{-6} h ⁻¹	7.29×10^{-5} h ⁻¹	7.77×10^{-5} h ⁻¹
1.0	破断時間 3375 h	283 h	224 h
	伸び 1.95 %	2.37 %	4.54 %
	最小クリープ速度 1.40×10^{-5} h ⁻¹	5.07×10^{-5} h ⁻¹	5.89×10^{-5} h ⁻¹

表2 高温疲労試験における破断繰返し数

合金	平均粒径	800℃	900℃	1000℃
TM-49	0.3 mm	5851 回	2485 回	1079 回
	1.5~2.0 mm	2755 回	878 回	377 回
IN-738 LC	0.3 mm	4070 回	1146 回	1077 回
	1.5~2.0 mm	2365 回	990 回	512 回

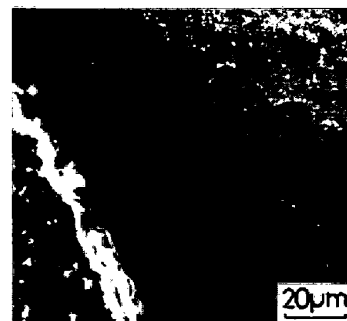
写真1. TM-49 (粒径0.1 mm) の900℃, 25 kgf/mm²におけるクリープ破断後の組織 (SEM)

写真2. TM-49 (粒径0.3 mm) の900℃における疲労破断後の組織 (SEM)