

(698) Ni基耐熱合金の高周波サイクル疲労寿命に及ぼす強度と延性の影響

金属材料技術研究所

○小野寺秀博 呂 芳一
山根 敏博 山崎道夫

1. 緒言: ガスタービンのブレード材として用いられるNi基耐熱鋳造合金の高周波サイクル疲労寿命を支配する因子を明らかにする目的で、引張強度及び引張延性の異なる4種類のNi基耐熱鋳造合金を用いて高周波サイクル疲労試験を行い、疲労寿命と強度及び延性の関係について検討した。

2. 実験方法: 用いた合金の化学組成と900℃での高周波引張特性をTable 1及びTable 2に示す。TM系合金は当研究所でタービンブレード用として開発された析出強化型Ni基鋳造合金である。各合金を高周波真空溶解した後、ロストワックス鋳型で中実丸棒試験片とし、鋳放し状態で試験に供した。試験は油圧サーボ型疲労試験機を用いて、900℃、0.0083Hz、引張歪及び圧縮歪の大きさが等しい三角波の条件で、歪制御で行った。高周波引張試験は、900℃、 $\dot{\epsilon} = 10^{-4} s^{-1}$ の条件で行った。

Table 1 CHEMICAL COMPOSITIONS (wt%)

ALLOY	Co	Cr	Mo	W	Al	Ti	Ta	Nb	Hf	C	B	Zr	Ni
TM-49	11.9	12.1	-	8.8	3.2	5.7	-	-	-	0.11	0.01	0.10	bal.
TM-185	7.9	4.8	-	12.9	4.5	3.5	3.3	-	1.2	0.11	0.01	0.09	bal.
TM-268	8.2	8.0	-	12.5	5.2	0.7	4.5	-	1.0	0.11	0.01	0.05	bal.
IN-738LC	8.3	16.0	1.8	2.5	3.5	3.5	1.7	0.8	-	0.09	0.01	0.03	bal.

Table 2 TENSILE PROPERTIES AT 900°C (AS CAST)

ALLOY	$\sigma_{0.2}$ (kgf/mm ²)	σ_u (kgf/mm ²)	E (%)
TM-49	52.5	59.7	2.3
TM-185	65.0	68.8	1.0
TM-268	54.5	64.0	8.1
IN-738LC	35.8	44.5	7.7

Table 2 TENSILE PROPERTIES AT 900°C (AS CAST)

ALLOY	$\sigma_{0.2}$ (kgf/mm ²)	σ_u (kgf/mm ²)	E (%)
TM-49	52.5	59.7	2.3
TM-185	65.0	68.8	1.0
TM-268	54.5	64.0	8.1
IN-738LC	35.8	44.5	7.7

3. 結果: (1) Fig. 1に低サイクル疲労寿命と歪率の関係を示す。1%歪以下の低歪域では、TM-268, TM-49, IN-738LCの順で長寿命を示した。これは900℃での0.2%耐力及び引張破断強度の順になっており、低歪域では強度の大きい方が低サイクル寿命が大きくなることが判った。また、1%歪以上の高歪域では、TM-49とIN-738LCの寿命が逆転する。IN-738LCはTM-49より延性が大きく、高歪域では延性の大きい方が長寿命となることが判った。TM-185は、上記の順番からはずれているが、さらに高歪側及び低歪側を含めれば、上記の規則に合うものと考えられる。

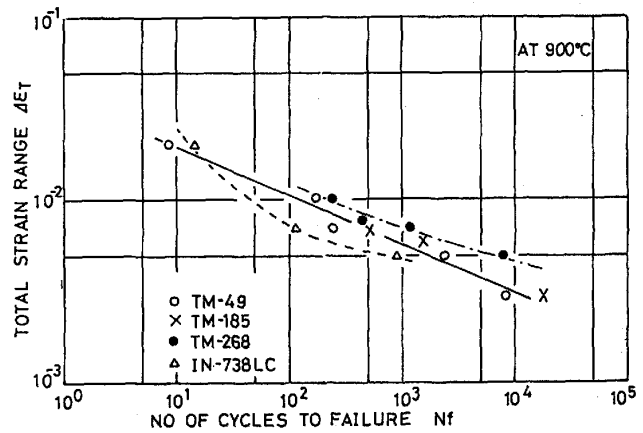


Fig. 1 Relation between fatigue life and total strain range

(2) 破断後の試料の組織観察を行った結果、疲労クラックは試料表面の結晶粒界から発生しており、その後、粒界と粒内をほぼ等しい割合で伝播していた。表面近傍では粒界に優先酸化が見られ (Photo. 1)、結晶粒界に析出した炭化物が消失しているのが観察された。この様な、表面につながる結晶粒界が優先酸化され、クラックの発生場所となるものと考えられる。そこで、表面につながる結晶粒界の酸化率とクラックの発生との関係について検討を行った。



Photo. 1 Oxidation at surface-connected grain boundaries: TM-49, $\Delta\epsilon_T = 0.3\%$, at 900°C, $N_f = 8699$