

金属材料技術研究所 ○呂 芳一 山縣 敏博 原田 広史
富塚 功 山崎 道夫

1. 緒言 Ni基耐熱合金をより高温で使用方法の一つとして単結晶化が試みられている。当所では casting, クリープ特性のすぐれたNi基単結晶合金の開発に成功したのに伴い、その高温低サイクル疲れ特性の評価を行った。本研究は、通産省工技院の次世代産業基盤技術研究開発制度の「高性能結晶制御合金の研究開発」の一環として行われた。

2. 実験方法 開発Ni基単結晶合金TMS-32は、7.7Co-6.0Cr-16.0W-5.1Al-4.5Ta-Ni(Bal.) (重量%)の化学組成で、 γ' 量は60%であった。単結晶の作製は、溶湯温度1540~60℃、鑄型温度1500℃、凝固速度20 mm/sで行った。疲れ試験片は直径8 mm、平行部長さ20 mmの平滑丸棒試験片で、長手方向が結晶成長方向(<001>方位)である。試験片は溶体化及び時効処理をして、高温低サイクル疲れ試験に供した。低サイクル疲れ試験は、容量±10トンの油圧サーボ式疲れ試験機を用い、試験温度を800, 900及び1000℃にて、±0.25%の三角波形の歪を、繰返速度 8.33×10^{-3} Hzで与える条件で実施した。なお、比較のため本所開発のNi基-方向凝固鑄造合金TMD-5、既存合金であるNi基普通鑄造合金MarM247についても同一条件で疲れ試験を実施した。試験後、長手方向とそれに直角方向に試験部を切出し、組織観察を行った。

3. 実験結果 低サイクル疲れ試験結果を、

Fig. 1に示す。試験温度800℃では、TMS-32及びTMD-5合金の寿命はいずれも 10^4 回以上であった。900℃では、TMS-32及びTMD-5(L:長手方向)は、 10^4 回以上でTMD-5(T:横方向)、MarM247合金よりすぐれていた。1000℃では、TMS-32合金の寿命は 4.70×10^3 回で、TMD-5(L)、MarM247合金と比べて、それぞれ2.5及び4.3倍であった。TMS-32合金を900℃における類似条件下の既存Ni基単結晶合金CMSX-2と比較した場合、本合金の寿命がやや長いと推定された。

熱処理後の微視組織は、TMS-32合金では γ 相、立方体状に整列した γ' 相、板状及び針状析出物から、TMD-5合金では γ 相、立方体状及び共晶 γ' 相、板状析出物から成っていた。試験後の組織観察によると、TMS-32合金は1000℃ではPhoto 1.の如く γ 相が粗大化し、rafted構造になっていたが、900℃以下では γ 相は粗大化した直方体状に配列していた。また、主き裂以外のき裂は見出せなかった。TMD-5合金では γ 相の変化はTMS-32合金と同様であった。き裂に関しては、L方向の試料では微小き裂はほとんど認められなかったが、T方向の試料では粒界、共晶 γ 相を中心に多数の微小き裂が存在していた。

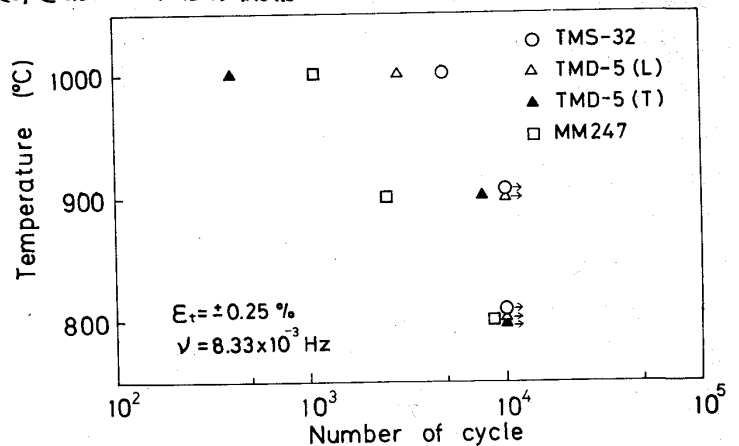


Fig.1. Temperature dependence of low cycle fatigue life.

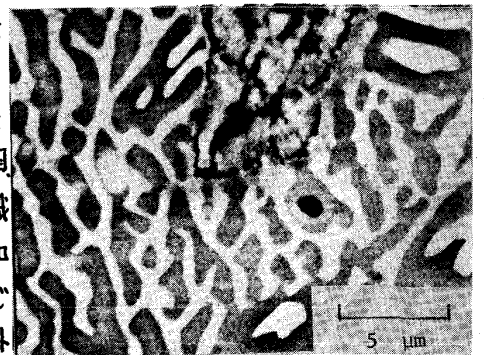


Photo 1. Microstructure at the tip of a main crack of TMS-32 alloy tested at 1000°C.