

(588) 限界設計単結晶合金のクリープラプチャー特性

— ニッケル基単結晶超耐熱合金の合金設計 才5報 —

豊橋技術科学大学 湯川 夏夫, 村田 純教

同大学院 鈴木 昭弘(現大同特殊鋼), 佐守 昭治, 丹下 利明

1. 緒言: 単結晶合金のみならず耐熱合金においては, 共晶が相が過量に晶出したり, TCP (μ や σ など), GCP相 (δ や η など), あるいは $\alpha(W)$ などが塊状や板状に析出した場合, 強度およびじん性の急激な低下を来す。このような合金の相安定状態を“オーバーアロイン” (OA) とよぶことができる。それに対し合金量が寡少の場合, 一般にじん性は大きであるものの強度は不足するが, これを“アンダーアロイン” (UA) とよべる。そこで実用合金は相安定が限界付近にある“クリティカルアロイン” (CA; 限界合金) とよぶことができる。前報においてこのような限界組成範囲を決定したので, それらの単結晶試料についてクリープラプチャー試験を行った結果を報告する。

2. 方法: 試料は限界設計を行った①Ni-12Al-10Cr-Ta-W系および②Ni-12Al-10Cr-2Ti-Ta-W系の総計約20種を用いた。そのうち限界合金について前報の図1に組成位置を◎で示してある。その他, 一部OAおよびUAのものも試験を行った。試料の溶製は多目的一方向凝固炉を用い, 単結晶は $G \approx 150^\circ\text{C}/\text{cm}$, $R = 10 \text{ cm}/\text{h}$ の条件で, $[100]$ より 20° 以内のものを作製した。クリープラプチャー試験は $1300^\circ\text{C} \times 4 \text{ h}$, A.C.の溶体化処理の後, $T_1: 982^\circ\text{C} \times 5 \text{ h} + 871^\circ\text{C} \times 32 \text{ h}$, A.C.および $T_2: 1050^\circ\text{C} \times 16 \text{ h} + 850^\circ\text{C} \times 48 \text{ h}$, A.C.の2種の熱処理した試験片につき, $1040^\circ\text{C} - 14 \text{ kg}/\text{mm}^2$ (137 MPa)の条件で行った。その他, 破断試料の破面あるいは微細組織観察などを行った。

3. 結果: 得られた結果を要約すると次のごとくである。1) UAの試料は概ね10%以上の大きな破断伸びを示すが, ラプチャー寿命は短い。また, 一部OAの試料も短時間で破断する。2) ①の一部およびNASA IR-100の試料につき, T_1 および T_2 の両熱処理の比較をみると, T_2 の高温時効を行ったものの方が, 破断伸びはわずかに減少するが, 寿命は約2~5倍増大する。3) 図1は限界合金についての結果を棒グラフとして示したものである。①および②の両系列とも, $\alpha(W)$ 相の塊状析出がみられるOA試料のNo.32を除き, 高W合金ほど破断寿命が増大し, 伸びは減少する。限界合金の中ではNo.23が最高の寿命, 約1700h (伸び約2.8%)を示した。これらの試料では $\alpha(W)$ 相が微細分散析出し強化に寄与していると考えられる。10%伸び程度の安定したじん性の合金組成は, 限界合金のうちTa/W比が0.5~1の範囲で概ね750h程度の寿命が得られる。高Ta合金では伸びが著しく大きくなるが早期に破断する。4) 2%Ti添加合金では高W合金で最高610hの寿命と約28%の伸びの結果が得られた。5) その他微細組織は, 長時間クリープ試験後の試料において, いずれも相がラフト状に粗大化する傾向がみられた。しかし, その形態と合金組成との関連は不明確であった。破断形態では, 応力方向に垂直でデンプル破面を呈するものと, 引張軸に 45° の方向で切断破壊するものとがみられた。

文献

1) 湯川ら: 鉄鋼 72 (1986) S 587

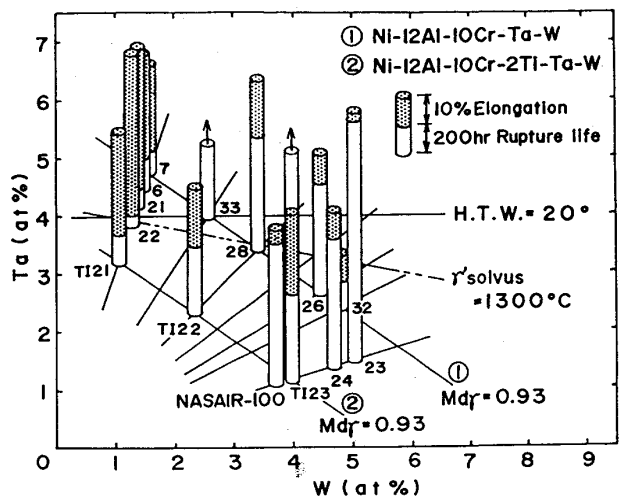


Fig.1 Effect of alloying elements on creep-rupture properties of Ni-base single crystal alloys.