

(699) 単結晶合金の相安定性と強度特性

—ニッケル基単結晶合金の合金設計 才三 報—

豊橋技術科学大学 °湯川夏夫, 同 大学院 井上 聡

(現沼津高専), 西村正彦 (現三重県技術センター), 馬場 昭

1. 目的

単結晶合金においてTCP (μ や σ)相や α (W)相などが塊状や板状に析出した場合強度および靱性の低下を来す。そこで合金の相安定性を保証するような限界設計をする必要がある。筆者らは既にNi, Co およびFe基オーステナイト系合金の相安定性はMd (Mの電子エネルギーレベル) によって予測しうることを明らかにしてMd-PHACOMP法^{1,2)}を開発したが, 単結晶合金に対して適用し合金設計を行なうとともに高温強度特性などの評価を行なった。

2. 方法

数回にわたって設計した累計100種以上のNi-10Cr-12/14Al-Ta-WおよびNi-5Co-10Cr-12/14Al-Ta-W系合金(at%以下同じ)およびPWA 1480, NASAIR 100などの比較合金の多結晶および単結晶試料を用いた。これらにつき, DTAによる凝固温度範囲(ΔT), 共晶および析出 γ 量, γ 相の組成, γ および γ' 相の格子定数およびミスマッチなどを測定した。相安定性は1300°C×4h, A.C.の溶体化後900°C×500h 時効試料や7リ-7°破断試料について微細組織観察を行なうとともに, EPMAおよび抽出残差のX線解析を行なって調べた。また溶体化処理を行なった[100]単結晶につき, 高温引張試験(982°C)および7リ-7°ラ7°チャー試験(1040°C-14 kg/mm²)を行なった。この場合の試料方位はいずれも[100]から20°以内のものを用いた。

3. 結果

得られた結果を要約すると次のごとくである。1) 共晶 γ' 相の生成限界(<2 vol%)は12Al系では $\overline{Md}_t = 0.98$, 14Al系では $\overline{Md}_t = 0.99$ で表わすことができる。2) 900°C×500hの時効によって合金によっては σ , μ (TCP), δ (Ni₃Ta)(GCP)および α (W, bcc)が析出する。これらのうちTCP相(σ および μ)の析出限界は \overline{Md}_r (γ 相の組成について求めた平均Md値)で表わすことができ, $\overline{Md}_r = 0.93 \sim 0.94$ で示すことができる。 δ 相の析出限界はこれより低いと考えられるが, 一般に微細板状に析出し強度にはTCP相ほど影響しじいと考えられる。 α (W)相は4.5~5W以上になると析出しAl量によって異なる。3) それらの結果のうちNi-Cr-12/14Al-Ta-W系合金についてFig.1に示す。(——は共晶 γ' 相, - - - -はTCP相, - · - · - は α (W)相の各生成限界) 4) 限界内の合金の析出 γ' 量は67~63%で高Ta側で大となる。5) 限界設計を行なった合金では比較合金に比べ高温引張強度約1.2倍以上, 7リ-7°破断寿命約2倍以上のものが得られた。

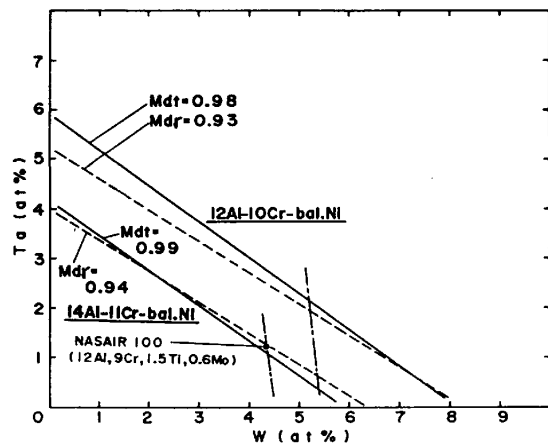


Fig.1 Phase stability of Ni-Cr-Al-Ta-W alloys

1) M. Morinaga and N. Yukawa; Proc. of the 5th Intern. Conf. on Superalloys, (1984), 523.

2) 湯川夏夫: 新材料開発と材料設計学, 三島岩田編集, ヲトサイエンス社, (1985), 79.