

(587) ニッケル基単結晶合金の限界設計

— ニッケル基単結晶超耐熱合金の合金設計 第4報 —

豊橋技術科学大学 湯川 夏夫, 森永 正彦, 江崎 尚和

同大学院 井上 聡(現沼津高専), 佐守 昭治, 馬場 昭

1. 緒言: Ni基単結晶超耐熱合金はジェットエンジン翼枚として最高の性能を有するが, 約63~67 vol%の γ' 相を含む $\gamma+\gamma'$ 複相の7元合金であるため合金設計は極めて困難で, 従来概ね経験的手法によって開発されてきた。筆者らは前報¹⁾までにわれわれが開発した α 電子合金設計理論を基に詳細な実験を行い, 合金系および元素の γ/γ' 相分配比の決定, 製造性を保証するための凝固・析出挙動の解析, 相安定性, 強度特性および耐食性などについて検討した結果を報告した。今回はこれまで調べた合金系のうち, Ni-12Al-10Cr-Ta-W (数字はat%を示す, 以下同じ)の5元系合金の他, 耐食性の向上を考慮して2Tiを加えた6元系合金につき諸条件を勘案して総合的な限界設計を行った結果を報告する。なお, 本研究は主として文部省科学研究費補助金(昭和58~60年度)によって行った。

2. 方法: 試料としてはNi-12Al-10Cr-Ta-WおよびNi-12Al-10Cr-2Ti-Ta-W系合金, ならびに比較のためPWA 1480 (11Al, 12Cr, 5Co, 4Ta, 1.3W, 1.9Ti, Ni)およびNASAIR-100 (12Al, 10Cr, 1.1Ta, 3.5W, 1.4Ti, 0.6Mo, Ni)の総計約60種を用いた。溶製はトリプ-7炉を用い, 純化アルゴンガス中で行った。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 \times 4h, A.C.の溶体化後900°C \times 500h時効試料などについて微細組織観察を行うとともに, EPMAおよび抽出残渣のX線回折を行い, て調べた。これらの結果に基づき, α 電子合金設計法に基づいて合金設計を行った。

3. 結果: 図1は①Ni-12Al-10Cr-Ta-Wおよび②Ni-12Al-10Cr-2Ti-Ta-Wの両系合金についての合金設計の結果をTaおよびWを両軸にと, て示す。

①の合金系については, 1)凝固後の共晶 γ' 相が2 vol%以下であるような限界組成は, 合金組成にMdを当てはめ計算した, $Md_t=0.985$ の線を表わすことができる。2)平滑面凝固条件を満足するための条件は $\Delta T \leq 50^\circ\text{C}$ と考えられるが, この線は上記より右上にあり, 高W側では接近する。3) γ 相中より脆いTCP (σ, μ)相が析出する限界は, 前報で求めた元素の γ/γ' 相への分配係数を用い, $Md_r=0.93$ の線を表わせる。4)高W側では約4.5W以上で α (W)相の析出が起こるが, この限界は概ね γ' 相中のTaとW量について計算した $Md_r(Ta+W)$ の値によって示すことができる。5)その他, 実測値の重回帰分析によって求めた γ ソルバス温度やH.T.W.(熱処理可能温度範囲)などの条件によっても制限され, 図で斜線を施した組成領域が限界組成となる。

②の合金系についても上記とほぼ同様な方法により限界設計を行うことができたが, 限界は①より低TaおよびW側になる。

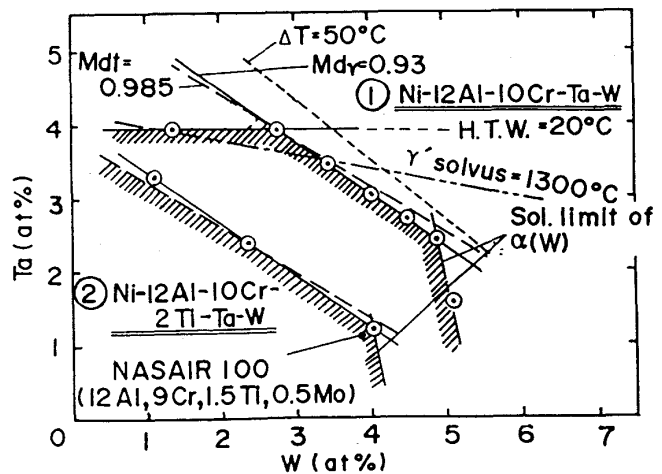


Fig.1 Critical design of Ni-base single crystal alloys (⊙ denotes critical alloys selected).

文献

- 1) 湯川ら: 鉄と鋼, 71(13)(1985), S.1480~1482;
- 川上ら: 同上, S.1483.