

(698) 単結晶合金の凝固・析出挙動

—ニッケル基単結晶合金の合金設計 第2報—

豊橋技術科学大学 °湯川夏夫, 村田純哉, 同大学院
安井伸一(現松下寿), 鈴木昭弘(大同特殊鋼), 佐守昭治

1. 緒言

Ni基単結晶(SC)合金を一方凝固によって製造する場合, 等軸晶の生成を抑え均質な組織を得るためには固液界面をできるだけ平滑面に保って凝固する必要がある。その条件は一般に, $G/R \geq \Delta T/D$ で示される。ここで, G は凝固界面の温度勾配($^{\circ}\text{C}/\text{cm}$), R は凝固速度(cm/sec), ΔT は合金の凝固温度範囲($^{\circ}\text{C}$), D は液相中の溶質の拡散係数(Ni合金では約 $5 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{sec}$)。ここで ΔT の小さいほど製造性がよい。また, SC合金では凝固時共晶 γ' 相が生成するが, 溶体化処理によっても残留する場合, 塊状 γ' 相の界面よりクラックが発生し早期破壊を来す。さらに熱処理温度の決定のためにも合金の凝固・析出挙動を正確に把握する必要があるので詳しい解析を行なった。

2. 方法

試料としてトリアーク炉で溶製したNi-0~7.5Co-11Cr-14Al-1~4Ta-1.25~3.5Wの44種, および比較用としてPWA 1480(2種), NASAIR 100の合金を用いた。これらにつき示差熱分析(DTA)(試料重量250mg, 昇降温速度 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$)および光顕観察を行なった。また一部の試料で単結晶試料の作成($G=130^{\circ}\text{C}/\text{min}$, $R=10\text{cm}/\text{hr}$, フリッジマン法)を行ない組織の比較や, 電気抵抗測定(4端子法)を行なった。

3. 結果

Fig.1に比較合金のDTA曲線を示す。凝固挙動解析から P_1 は $L \rightarrow \gamma$, P_2 は $L \rightarrow \gamma + \gamma'$, P_3 は $\gamma \rightarrow \gamma'$ の各反応であることがわかった。また, $\Delta T(P_1 - P_0)$ はNASAIR 100で 46°C , PWA 1480で $45 \sim 49^{\circ}\text{C}$ であった。検討の結果, $\Delta T \leq 50^{\circ}\text{C}$ 以内であれば良好な単結晶が得られることがわかり, まずこれを制限条件とした。Table 1は, 実験合金について得られた各凝固パラメータの組成依存性を示す。

次に凝固後と $1300^{\circ}\text{C} \times 4\text{h}$ の溶体化処理後の組織を比較検討した結果, 共晶 γ' 量が2%以内であれば溶体化処理によって消失し均質な組織が得られることがわかった。TaとWに対する組成依存性を調べると, この限界は $\overline{Mdt} = 0.99$ で表わされる。DTAより求めた γ' ソルバス温度は, 電気抵抗で求めたそれより約 20°C 低い, やはりほぼ \overline{Mdt} で表わすことができる。

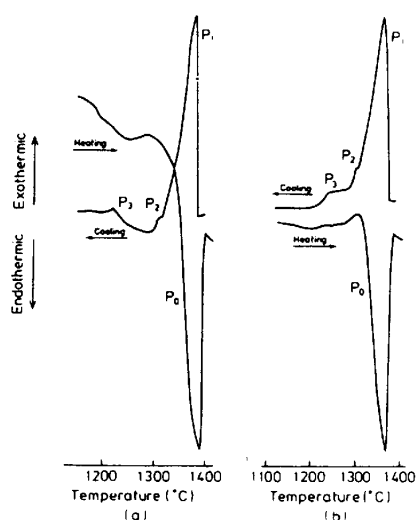


Table 1 Dependence of chemical composition on the solidification parameters.

Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Alloy element, at%	M.C.C.
ΔT	$16.27 + 4.93\text{Ta} + 4.13\text{W}$	0.742
Solidus	$1390.20 - 18.40\text{Ta} + 3.74\text{W}$	0.931
Liquidus	$1406.84 - 13.16\text{Ta}$	0.905
Eutectic	$1322.90 - 1.85\text{Co}$	0.565
γ' ppt.	$1224.73 + 17.94\text{Ta} + 3.56\text{W} - 2.32\text{Co}$	0.925

M.C.C. : Multiple Correlation Coefficient

Fig.1 DTA thermograms of NASAIR 100 and PWA 1480