

1. 緒言 チタン合金に関する研究開発は著しい進歩を遂げ多数の合金が開発されている。これらの進歩は、合金組成の検討、加工技術、熱処理法の研究によって達成されてきた。最近には特に精緻な研究機器の発展によって、合金のミクロ組織・構造とマクロな諸特性とのつながりが、より精密に解明され、合金の望ましい特性、例えば高温強度、破壊靱性、疲労強度などの改善を、ミクロ組織のコントロールによって、かなりの程度まで可能になっている。この報告では、まずチタン合金で起こる各種の相変態とそれに関与する組織成分について現在まで明確になっている点と、重要な問題点を述べ、チタン合金の実際的な熱処理の理解と新しい方法を開発するために必要な事項を、 $\alpha + \beta$ 型合金と準安定 β 型合金とに分けて、組織成分の変化とそのコントロールの方法について解説したい。

2. チタン合金に起こる相変態 チタン合金においてはかなり多様な相変態が起こり、その結果種々の相が生成する。以下に主な相変態とその結果生じる相の特性を述べ、組織制御のための知識の整理を行いたい。

- (i) 焼入中における β 相の分解: 2種類のマルテンサイト, α' と α'' , 焼入 ω 相
- (ii) 恒温変態中における β 相又は $\alpha + \beta$ 相の分解: α' , α'_{rich} , α'_{lean} ; β' , β'_{rich} , β'_{lean} ; Type 1 α , 2 α
- (iii) 残留 β 相の分解: (1) 時効 ω 相, $\beta_r \rightarrow \omega + \beta$ (2) 相分離, $\beta_r \rightarrow \beta' + \beta$ (3) α 相の生成; $\beta_r \rightarrow \alpha + \beta$ (Widmanstätten α , Raft α , (4) 化合物の析出, α_2 , β_2 (5) 応力誘起M (6) 熱弾性M
- (iv) マルテンサイトの分解: (1) 六方晶 α' (β -アイソモルフラス) $\rightarrow \alpha + \beta$, 六方晶 α'' (β -共析) $\rightarrow \alpha + (\text{化合物})$ (2) 斜方晶 α'' ($M_s^{\alpha''} \gg \text{室温}$) $\rightarrow \alpha + \beta$, 斜方晶 α'' ($M_s^{\alpha''} = \text{室温}$) $\rightarrow \beta$
- (v) 中間相を通しての α 相の生成 (二段時効): $\beta + \omega \rightarrow \alpha + \beta$, $\beta + \beta' \rightarrow \alpha + \beta$
- (vi) 共析分解: (1) 活性な共析, パーライト的組織成分, (2) 緩慢な共析, マッシュアップ組織成分
- (vii) α 固溶体よりの析出: (1) 化合物の析出, (2) α_2 相の析出
- (viii) 界面相の形成: α/β 界面に形成する相

上記の諸変態によって生成する相の中、重要な相について述べる。

(A) ω 相変態: ω 相の構造、方位関係、形態、形成機構等については多数の研究が行われて、かなりのことが判明している。合金中に ω 相が大きい容積率で形成されると強度は著しく増大するが、延性の致命的な低下も起こす。しかし β 相中に少ない容積率で含有されると魅力的な特性を示すことが報告されているが、 ω 相は形成速度が極めて急速で、その容積率の制御が難しいため、現在ではその形成を防止する手段がとられている。一方、 α 相の核生成が β/ω 界面で起こることが知られ、 ω 相の微細均一な分散を利用した α 相の微細化と均一分散化が、チタン合金の強化法として利用される。

(B) 二つの型の α 相: 現在使用されているチタン合金は、 α 相合金を除き、一般にはその最終組織は α 相と β 相の混合組織のみならず、その量比、形態、分散状態が各様に制御されている。 α 相の形成は準安定 β 相から遷移相をへるが、又は直接に形成されるが、 α 相には2種類があり、Burgersの方位関係に従う、Type 1 α 又は“Burgers α ”と、Burgersの方位関係に従わない、Type 2 α に分類される。形態についてはTEMで明らかにされているが、形成機構は未だよく判っていないようである。Type 1 α は、Burgersの方位関係に従うので、変形中に α 相の剪断が起こり易いと考えられるが、機械的性質に及ぼす効果も十分明らかにされていない。

(C) α/β 型合金における界面相: α/β 型合金のTi-6Al-4V合金において、 α 相と β 相の界面にオ