

(774) β 型チタン合金の β 結晶粒径推定モデルとその実生産プロセスへの適用

神戸製鋼所 材料研究所 材料開発センター ○大山 英人, 芦田 喜郎

1. 緒言 β 型チタン合金を有効に利用するためには冷間成形が必須であり, 部品素材としては成形時の肌荒れ防止, 時効後の材料特性などの観点から, 微細な再結晶組織を得ることが重要である。しかし, この種のチタン合金は比較的高温の β 単相温度域での溶体化処理を要するため結晶粒は容易に粗大化する。微細粒化のためには急速加熱短時間溶体化処理が必要であり, 実際の熱処理においては昇温過程のような温度変化を伴う過程での粒成長をも定量的に考慮しなければならない。本研究では, β 型チタン合金として Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al および Ti-15Mo-5Zr-3Al を対象に, 温度変化過程における粒成長を定量化するモデルを検討し, 実生産における平均 β 粒径の推定手法を開発することを目的とした。

2. 実験方法 熱延後溶体化処理を行った平均 β 粒径約 $80\mu\text{m}$ の上記 2 合金板を 80% の加工率で冷延した 1~1.2 mm 厚の冷延板を供試材として, 塩浴を用いて平均 β 粒径と溶体化温度および保持時間の関係を定式化した。これに基づき, 被熱処理材の温度が時間とともに変化する場合は粒成長に対するモデルを検討し, $0.3\sim 10^\circ\text{C}/\text{秒}$ の一定な昇温速度で室温より 800°C まで加熱後急冷した場合の平均 β 粒径実測値と, モデルに基づく計算値との比較を行った。次に, 1~1.2 mm 厚の板が所定の温度に加熱された炉内に挿入された場合の時間に対する板の温度変化を板表面にて実測し, 近似式を得た上で平均 β 粒径を計算し実測値と比較した。さらに, 実生産設備を用いて連続的に溶体化処理を行うための通板条件を検討し, 約 2.5 トンの Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al 冷延コイル (板厚 0.8 mm) の最終溶体化処理への適用を試みた。

3. 実験結果 昇温過程での粒成長を無視し得る塩浴を用いた場合, 平均 β 粒径 $\bar{d}$ は温度 T と時間 τ の関数で与えられ, $\bar{d}(T, \tau) = C\tau^n \exp(-Q/RT)$ と記述できる。R は気体定数であり, C, n, Q は実験的に定め得る定数である。この関係は粒成長温度域で時間に対し連続的に変化する温度を微小時間間隔 Δt で m 個に離散化した場合の各温度において成立するが, i 番目の時間 t_i に対応する温度 T_i を用いてその時の粒径を上式から得るためには, $\bar{d}(T_{i-1}, \tau_{i-1}) = \bar{d}(T_i, \tau_{i-1})$, $\tau_i = \tau_{i-1} + \Delta t$ を満足する τ_i を有効時間として採用する必要がある。冷延後の溶体化処理時の昇温過程における粒成長開始温度は β 変態点に対応し, Fig. 1 に示した如く, β 変態点以上での経過時間に対し初期粒径を零と見なして $i=1$ より充分大きな m までの各 Δt での粒径の増分を積算することにより, その時点での粒径を得ることが可能である。Fig. 2 に示した $0.3\sim 3^\circ\text{C}/\text{秒}$ の昇温速度で室温より 800°C まで加熱した場合の平均 β 粒径実測値と計算結果との対応から, 本モデルの妥当性が伺われる。また, 実際に板に対し雰囲気炉を用いて溶体化処理を施した場合の粒径の実測値と計算値とは極めて良く一致した。さらに連続焼鈍設備を用いて溶体化処理を行う場合の通板条件と平均 β 粒径との関係を検討した上で, $20\sim 25\mu\text{m}$ の粒径を与える条件で冷延コイルに連続溶体化処理を施した結果, 約 $20\mu\text{m}$ の健全な組織を得ることができた。

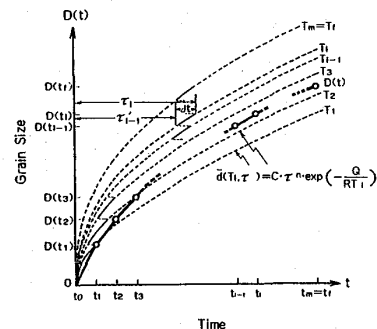
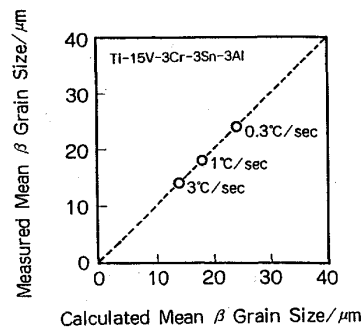


Fig. 1 Modeling for grain growth

Fig. 2 Comparison between measured and calculated β grain size