

氏 名	大 谷 四 聰 おお たに し とし
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	論 工 博 第 625 号
学位授与の日付	昭 和 48 年 7 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	チタンーモリブデン基 β 型合金に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 村上陽太郎	教 授 足立正雄	教 授 田村今男
--------	--------------------	----------	----------

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は β 型 Ti 合金が α あるいは $\alpha+\beta$ 型合金に比較して、高強度であるにも拘らず冷間加工性が良好なことで、Mo の添加によって耐食性の向上が期待されることから、耐食性が良好で、また強度と加工性をあわせて要求されるような構造用にも適した Ti 合金を開発することを目的として Ti-Mo 基 β 型合金の諸性質を金属組織学的に研究した結果をまとめたもので10章からなっている。

第1章は緒論で β 型 Ti 合金の現状とその問題点を明らかにして、本研究の目的と研究の進め方を述べている。

第2章では Ti-Mo 2元系合金においては β 相領域からの急冷によって β 相を完全に残留させ得る Mo 量は約12%以上であることと合金の塑性加工性ならびに経済性を考慮して、まず 12~20% Mo を含む2元系合金を選び、熱膨脹測定による自動変態記録装置を用いて恒温変態試験を行ない、試料の収縮は巨視的には $\beta \rightarrow \alpha$ 変態の過程に起こる中間遷移相 ω の析出に対応することを確認した上で、TTT 図を作成して β 相の安定性と $\beta \rightarrow \omega \rightarrow \alpha$ 変態の挙動などを明らかにしている。

第3章では前章の結果をふまえて Ti-15% Mo 合金を選び、第3添加元素の効果を究明し、Zr の添加が最適でその添加量が5%以上で準安定 β 相の熱的ならびに機械的安定性が著しく改良され、時効 ω 相の生成が遅滞するとともにその生成量も減少し、その結果として ω 相脆化が軽減すること、冷間圧延の際の加工硬化度が小さくなること、溶接部の ω 相による硬化および脆化防止にも有効であることなどを見出し、Ti-15% Mo-5% Zr 合金が3元系として最適組成であることなどを明らかにしている。

第4章は本合金系にみられる ω 相による脆化と他の Ti 合金におけるそれとの比較を行なったもので、Ti-Al 基 α 型合金における α_2 規則相に起因する脆化、ならびに Cr, Fe, Mo を含む Ti-5% Al 基 $\alpha+\beta$ 型合金にみられる共析化合物に起因する熱的不安定性による脆化について、試料の透過電子顕微鏡観察と機械的試験によって比較研究を行ない、さらにこれら3種の合金の脆化破面を比較して、それぞれの脆化の様相を明らかにしている。

第5章は Ti-15 % Mo-5 % Zr 合金に対する Al および V の添加の効果を究明したものである。約 3 % の Al の添加によって準安定 β 相の安定性が著しく改善され、 ω 相形成防止によって徐冷脆化が阻止できること、機械的安定性も向上すること、一方 2 % 程度の V をさらに添加すれば、徐冷を行なう場合にも α 相の析出が起こらず、徐冷による耐食性と曲げ加工性の劣化の防止に有効であること、また 3 % 程度の Al の添加によっては鍛造性および冷間加工性などの塑性加工性はあまり損うことがないが、この程度の Al の添加では耐酸化性の改善効果はないことなどを見出している。

第6章では Ti-Mo 基 β 型 Ti 合金の高温引張性質において、400°C 附近の強度が 200°C 附近のそれよりかえって高く、強度-温度曲線の 400°C 近傍にピークが認められることと、400°C 附近の高温引張試験に Serration のある応力-歪曲線がえられることを見出し、前者は ω 相の析出による強化として説明できるが、後者は Al 合金などで一般に知られている、いわゆる Portevin-Le Chatelier 効果によるものでなく、 $\beta \rightarrow \omega$ 変態に関連するものであろうとの推測を与え、この合金系の特異な挙動を明らかにしている。

第7章は本系合金の時効硬化性を詳細に究明したもので、Al を含む β 型合金では時効硬化性が著しく向上すること、 ω 相脆化は防止できるが、一方では Al で強化された α 相が多量に析出することによる α 相脆化が起こり易くなること、Al を含まない場合は α 相の Al による強化が行なわれないため最速時効の温度範囲が狭くなるが、Al を添加した場合には高温時効によっても過時効軟化が起こりにくく、時効処理の温度範囲が広く好都合であることなどを見出し、合金の安定性、平衡 α 相の量、Al による α 相強化などと合金組成との関係、熱処理条件による α 相の分布と引張性質との関連などを明確にし、本系合金が耐食性合金として優れた特性を示すばかりでなく、時効硬化処理を行えば、強度と加工性をあわせて要求されるような構造用合金としても利用できることを述べている。

第8章では冷間加工材を β 域に加熱すると一応見掛上等軸 β 粒組織が生じるが、さらに溶体化処理時間を十分に長くするか、その温度が高い場合には転位などの格子欠陥が十分に除去された完全な再結晶が行なわれることを述べ、再結晶が完全に行なわれていない場合には転位などの多く残留した結晶粒のみに α 相の優先的析出が行なわれ結晶粒によって析出の状態が異なり、これが引張延性の劣化の原因となることを明らかにし、不均一な析出を起こすことのないように完全に再結晶させておくことが重要であることなどを述べている。

第9章では本系合金を工業用合金として使用する場合に重要な問題となる熱間鍛造性の試験方法として、切欠き試験片によるすえこみ鍛造試験の適否を他の現用 Ti 合金を比較材として用いて検討して優れた方法であることを確かめ、本系合金の高温変形能が極めて優秀で、割れ感受性が低いことを明らかにしている。

第10章は本論文の総括である。

論文審査の結果の要旨

この論文は強度が高く塑性加工性が良好で耐食性の優れたチタン合金の開発を目的として、Mo を含む β 型チタン合金の諸性質を金属組織学的に研究したものである。

まず β 相の残留に必要な Mo 量が約12%以上であることと塑性加工性と経済性を考慮して、12~20 % Mo を含む2元系合金を選び、熱膨張測定による恒温変態試験を行なって TTT 図を作成し、 β 相の安定性と $\beta \rightarrow \omega \rightarrow \alpha$ 変態の挙動を詳細に解明して、15%程度の Mo 量が適当であることを確かめ、つぎに第3添加元素の効果を調べ、Zr の添加が最適で5%程度で β 相の安定性がかなりの向上を示し、Ti-15% Mo-5% Zr 合金が耐食性の優れた良好な性質を有することを確認しているが、徐冷の場合には ω 相形成による脆化の多少の危惧が残るため、この3元系合金に生じる脆化と他のチタン合金における規則相 α_2 あるいは共析化合物の析出に起因すると考えられる脆化とを詳細に比較検討してその特徴を明確にしている。さらに準安定 β 相の安定性を改善するため、Al と V の添加の効果を究明して、約3%の Al と約2%の V の同時添加がこの合金の熱的ならびに機械的安定性を著しく改善して、 ω 相の形成がほぼ完全に阻止され、したがって第2相 α の析出も起こらず、かつこの程度の Al の添加量では塑性加工性を低下させることもないので、加工性のよい耐食性合金が得られること、またこの合金の時効硬化性を詳細に研究し、Al の添加によって強化された α 相が析出するので時効性が著しく向上するとともに、高温時効においても過時効軟化が起こりにくく、最適時効温度範囲を広くとることができるなどの利点も生じるため、Al を添加した合金は高強度の構造用材料としても利用できることなどを見出している。

さらにこれらの合金の高温引張性質において、強度—温度曲線の 400°C 附近に強度のピークが認められることと、400°C 近傍の引張試験で得られる応力—歪曲線に Serration が随伴する特異な現象を認め、これらは ω 相析出あるいは $\beta \rightarrow \omega$ 変態と関連して説明できることを示し、また溶体化処理時における再結晶挙動は複雑で、見掛け上等軸晶組織がえられても完全な再結晶が行われていない場合があり、 α 相の析出が結晶粒によって著しい差異を生じ、引張延性の劣化の原因となるから十分な留意をする必要があること、なおまた切欠き試験片を用いるすえこみ鍛造試験法を確立して、この合金系の高温変形能が優秀で、割れ感受性の小さいことなどを明らかにしている。

これを要するに本研究は、金属組織学的の多くの手法を用いて、チタン—モリブデン基 β 型合金を研究し、熱間ならびに冷間加工性がよく、耐食性合金として、あるいは高強度の時効性合金として優れたチタン合金の開発に成功するとともに、チタン合金の相変態、脆性、時効硬化性ならびに再結晶などに関して多くの有益な基礎的知見を与えたもので、学術上にも工業上にも寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。