T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	置換型元素を複合添加したTiAl基４元系合金の相平衡 —高温及び低温β-Ti相の相安定性—
Title(English)	Phase Equilibria in the Quaternary TiAl Alloys with the Combined Addition of Substitutional Elements — Phase Stability of High and Low-temperature β-Ti Phase —
著者(和文)	中島広豊
Author(English)	Hirotoyo Nakashima
出典(和文)	学位:博士（工学）, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9751号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:竹山　雅夫,中村　吉男,熊井　真次,村石　信二,林　重成,小林　覚
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9751号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名		中島広豊	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	竹山雅夫	教授	審査員	林　重成	准教授
	審査員	中村吉男	教授		小林　覚	講師
		熊井真次	教授			
		村石信二	准教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は，「置換型元素を複合添加した TiAl 基４元系合金の相平衡—高温及び低温 β-Ti 相の相安定性—」と題し，７章から構成されている．

第１章「緒論」では，γ-TiAl 基合金の高温材料としての優れた有用性と現状を概観し，更なる用途拡大には鍛造合金の開発に資する組織設計指導原理の構築が喫緊の課題であることを述べ，特に，その開発には高温での成型性と使用温度での特性の両立が求められ，β-Ti 安定化元素（M）を添加した際に現れる本合金特有の相変態経路（β+α-Ti→α→α (α_2-Ti_3Al)+γ→β+α+γ）を利用した組織制御が重要であること，また，その相変態経路を有する組成域を特定できる信頼性ある Ti-Al-M_1-M_2 ４元系状態図の構築が必要不可欠であることを指摘し，本論文の意義，目的及び構成について述べている．

第２章「Ti-Al-M ３元系における β, α, α_2, γ 相間の相平衡の計算による再現」では，Ti-Al-M_1-M_2 ４元系への拡張の基礎となる Ti-Al-M ３元系状態図の計算による再現を，正則溶体モデル及び副格子モデルを用いて試みている．その結果，既存の熱力学データベース（DB）を用いた計算状態図は α/α+γ 相境界線を 100 K 近く低温側に算出するなど実験結果を全く再現できないことを示し，その再現には α 相中の Ti-Al-M ３元素間の相互作用が重要であることを指摘し，この相互作用パラメータの値を負に増大することによって状態図が再現できることを明らかにしている．また，これらの知見から各３元系の DB を新たに構築している．

第３章「Ti-Al-M_1-M_2 ４元系における高温 β-Ti 相の相安定性の添加元素濃度比依存性」では，M_1 として Nb を，M_2 として V, Cr, Mo を選定し，Ti-42at.%Al にこれらの元素を濃度比（M_2/Nb+M_2）が 0.13~0.75 の範囲において複合添加した４元系の 1473 K における高温 β 相領域を調べている．その結果，高温 β 相領域は，Nb と同族である V 添加の場合，その比が 0.5 となる組成域近傍において低（Nb+V）濃度側に約 1 at.%と拡大すること，一方，異族元素である Cr, Mo の場合，その比が Nb-rich 側の約 0.2 において低（Nb+M_2）濃度側に２at.%までさらに拡大することを明らかにしている．この β 相領域の拡大の組成依存性は，第２章にて構築した３元系の DB を用いた計算では再現できないこと，すなわち３元系を４元系へと展開する手法として一般的に用いられる M_2 の M_1 当量は適用できないことを示し，この実験結果の計算による再現は，４元系における β 相中の Al-Nb-M_2 と Ti-Nb-M_2 各３元素間の相互作用パラメータの値を負に増大することによって可能となることを明らかにしている．

第４章「Ti-Al-M_1-M_2 ４元系における高温 β-Ti 相の相安定性の Al 濃度依存性」では，第３章の結果より，各相間における M 元素の分配係数が最も大きい V (M_2) を選定し，Ti-45at.%Al の 1473 K における高温 β 相領域を調べている．その結果，高温 β 相領域は濃度比 0.25~0.75 の広い組成範囲において低（Nb+V）濃度側に約 1 at.%拡大し，Al 濃度依存性を示すことを明らかにしている．これらの知見から，４元系における高温 β 相領域の拡大は，β 相中の Al-Nb-V ３元素間の相互作用に起因し，この相互作用パラメータの最適化により計算によって再現できることを示している．

第５章「Ti-Al-M_1-M_2 ４元系における β-Ti 相の相安定性の温度依存性」では，Ti-42at.%Al に Nb 及び V を複合添加した４元系の 1373 K における相平衡を調べ，第３章で得られた1473 Kの結果と併せて β 相の相安定性を調べている．その結果，高温 β 相領域は，温度の低下に伴い増大するが，濃度比 (V/Nb+V) 依存性は示さないこと，また，この β 相領域は，第３章及び第４章にて決定した Al-Nb-V ３元素間の相互作用パラメータを用いて計算により再現できること示し，実験が困難なより低温側における状態図は，高温側において実験的に決定した Al-Nb-V ３元素間の相互作用パラメータを用いて構築できると結論している．

第６章「β-Ti相を利用した多元系鍛造TiAl基合金の設計指針」では，前章までの結果に基づいて使用温度まで含めた広い温度範囲の状態図を構築し，この合金系特有の反応経路を維持した上で，プロセス温度における高温 β 相を安定化させ，かつ，使用温度における低温 β 相の過剰な生成を抑制する合金設計をするにはNbとVの複合添加が最適であることを示し，モデル合金を提案している．このモデル合金は，熱間鍛造性に優れるとともに，相変態を利用した組織制御が可能であることを実証している．

第７章「結論」では，本研究で得られた知見を総括するとともに，今後の課題を述べている．

以上を要するに，本論文は 鍛造 TiAl 基合金設計にとって重要となるβ-Ti 相の相安定性に着目して，多元系実験状態図を計算によって再現する上で最も重要な相互作用パラメータを決定するとともに，その合金の設計指針を示した点において，工学上並びに工業上貢献するところが大きい．したがって，本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値のあるものと認められる．

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。