



Title	Nb基多元系合金における優れた高温特性を有する化合物相と延性相bccの相平衡 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	山野内, 拓也
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12758号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65442
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Takuya_Yamanouchi_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 山野内 拓也

審査担当者 主 査 教 授 三浦 誠司

副 査 教 授 鶴飼 重治

副 査 准教授 大野 宗一

学位論文題名

Nb 基多元系合金における優れた高温特性を有する 化合物相と延性相 bcc の相平衡
(Phase equilibria among compound phases having superior high temperature properties and ductile
bcc phase in multi-component Nb-based alloys)

現在、我々が直面しているエネルギー資源の枯渇や温室効果ガス排出による環境破壊等の問題に対し、主要な発電方法である火力発電を高効率化して CO_2 排出量やエネルギー資源使用量を低減させることが解決策の一つとして挙げられる。発電用ガスタービンの発電効率を向上させるためには、燃焼ガスが吹き付けられながら超高速回転するために優れた耐酸化性、クリープ耐性が必要とされるタービン動翼の開発が最も重要であるが、課題も多い。

本論文では、新たなタービン動翼材料の候補である Nb 基耐火金属の性能向上を目指し、耐酸化性コーティング相や高温強化相の導入を相平衡の観点から可能にするための状態図的アプローチを試み、各相の相安定性の支配因子を明らかにして合理的な合金設計指針を得ることを目的とした。

本論文は全六章から構成される。

第一章では、序論として、B2 アルミナイドのニオブ基合金へのコーティングの可能性の検討とその問題点をまとめ、本研究の背景及び目的を述べた。

第二章では、二次生成相であるラーベス相の生成条件について調査した。Nb に固溶して高濃度の bcc 固溶体を形成する Cr および V を添加した $Nb - X(X; Cr, V) - Ni - Al$ 系について相平衡を調査した。各合金系において C14 構造を持つ Laves 相が NiAl と (Nb, X) の間の広い組成域で現れて bcc_{ss} 、B2 と平衡するため、 $bcc_{ss}/B2$ 二相平衡域が $X - NiAl$ に沿った領域にしか現れず、C14 相の存在が $bcc_{ss}/B2$ 二相平衡達成のための障壁になっていることを指摘した。そこで、C14 相の相安定性や構成元素の置換挙動を原子サイズ因子および電子原子比から評価し、 $Nb(Ni, Al)_2 - C14$ 中の各サイトへの Cr や V の置換挙動を見積もった平均原子サイズから説明できることを示した。

第三章では、前章の結果から Mo や Pd の添加が C14 相安定性を減少させることが示唆されたため、種々の $Nb - Mo - Ni - Pd - Al$ 五元系合金を作製し、相平衡を調査した。Cr や V を添加した系と比較して、Mo や Pd を添加した系はより広い $bcc_{ss}/B2$ 二相平衡域を示した。 $(Nb, Mo) - bcc_{ss}/(Ni, Pd)Al - B2$ 二相域はやはり C14 の相安定性に寄与するサイズ因子との相関性が確認され、 $AB_2 - C14$ 相 ($A; Nb_x Mo_{1-x}, B; Ni_y Pd_{1-y} Al$) が仮想的に $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ であるとして描いた平均原子半径比 R_A/R_B の等高線が $bcc_{ss}/B2$ 二相域と $bcc_{ss}/B2/C14$ 三相域の境界と平行に存在することを明らかにした。低 Pd の組成域にはこの等高線に沿わない $bcc_{ss}/B2$ 二相域と $bcc_{ss}/B2/C14$ 三相域の境界が現れているが、先述の仮想的な組成を持ち得る C14 相の電子原子比 e/a の等高線で説明でき、C14 相の相安定性が原子サイズのみならず電子原子比にも依存して

いることを明らかにした。

第四章では、合金にクリープ強さを与えるために必要な $\alpha Nb_5Si_3 - T_2$ 相を導入するために、まず bcc_{ss} と T_2 の二相間の相平衡を明らかにした。この際、一般的に困難とされるボロンの定量分析に AES、SIMS、EPMA を組み合わせた手法の有用性を示した。その上で、 bcc_{ss} 、B2、 T_2 の三相の間の相平衡を明らかにし、 $Nb - Mo - Ni - Pd - Al - Si - B$ 七元系合金において $bcc_{ss}/B2/T_2$ 三相平衡が達成できることを明らかにした。

第五章では、B2 アルミナイドが Nb 基 bcc 固溶体と相平衡を保つために主要構成元素を Pd とした B2 アルミナイド相の $B2 \rightarrow \beta'$ 相変態抑制と高融点化を達成するために、 $PdAl - B2$ に対して種々の元素を添加しその影響を調べた。その結果、Rh を添加した $Nb - Pd - Rh - Al$ 系では $Nb - bcc$ との相平衡を満足する B2 の Rh/Pd 比は 1 を超え、 $B2 \rightarrow \beta'$ 相変態を効果的に抑制することができるとともに、共晶温度の上昇がもたらされることを明らかにした。

第六章では、本論文の総括を述べた。

これを要するに、著者は、耐火金属基合金への機能性付与のために導入する種々の相の間の相平衡関係を確立するとともに、相安定性に関する新知見を得たものであり、材料工学分野に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。