

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Microstructure Control and Fatigue Crack Growth Behavior of Wrought -based TiAl Alloys Containing -Ti Phase
著者(和文)	SIGNORI Loris Jonathan
Author(English)	Loris Signori
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10949号, 授与年月日:2018年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:竹山 雅夫,中村 吉男,藤居 俊之,村石 信二,小林 覚
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10949号, Conferred date:2018/9/20, 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

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		SIGNORI Loris Jonathan	
		氏名		職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	竹山雅夫		教授	審査員	小林覚	准教授
	審査員	中村吉男		教授			
		藤居俊之		教授			
		村石信二		准教授			

論文審査の要旨 (2000字程度)

本論文は「**Microstructure Control and Fatigue Crack Growth Behavior of Wrought γ -based TiAl Alloys Containing β -Ti Phase**」と題し、6章から構成されている。

Chapter 1 「General Introduction」では、社会的背景として2032年までに3万5千機の航空機が製造され、今後新たに開発される全てのジェットエンジンには高燃費化の観点から軽量高比強度なTiAl基合金の適用が計画され、日本でもSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）における「革新的構造材料」にて航空機材料に特化した国家プロジェクトが進められるなど、国際的に活発な研究開発が行われていることを述べている。また、その課題として、本合金を低圧タービン動翼のみならず高圧圧縮翼等への用途拡大を図るには、特に疲労き裂進展特性の向上が不可欠なこと、そのためには β -Ti相を含む相平衡および相変態を利用した組織制御が重要となることを指摘し、本研究の意義、目的および構成を述べている。

Chapter 2 「Phase Equilibria among β -Ti/ α_2 -Ti₃Al/ γ -TiAl in Ti-Al-M Systems」では、使用温度（1073 K）近傍での相変態経路を明らかにすることを目的に、M元素として β -Ti相安定化元素であるVおよびMnを選択し、1173 K～1473 Kでの β -Ti, α (α_2)-Tiおよび γ -TiAl三相共存領域の温度の伴う変化を調べている。その結果、いずれの系においても、三相共存領域は温度の低下に伴い低Al低M濃度側に移動するが、1373 K以下になると低Al高M濃度側へと拡大し、使用温度近傍では γ 相の体積率が增大することを見出している。また、M元素の各相間での分配挙動から α/α_2 相間の相安定性を熱力学計算により求め、Vは報告通り α 相に対する α_2 安定化元素であること、一方、Mnはその逆となり、Ti-Al-Mn系における α 相から α_2 相への規則化は三元共析分解反応 ($\alpha \rightarrow \beta + \alpha_2 + \gamma$) に起因すると述べている。また、得られた結果から等Al濃度縦断面図を作成し、いずれの系においてもTi-Al二元系には存在しない $\alpha \rightarrow \alpha_2 + \gamma \rightarrow \beta + \gamma$ 相変態経路が存在することを確認している。

Chapter 3 「Phase Transformations involving β -Ti Phase and Microstructure control of Wrought Alloys」では、前章で得られた状態図に基づいて、1473 K以上の高温側で $\beta + \alpha$ 二相領域、1273 K以下の低温側で $\beta + \gamma$ 二相領域となる相変態経路を有する三元系合金を準備し、相変態による β 相の組織形態および組織制御法を調べている。その結果、高温 β 相の分解過程は冷却速度および時効温度に依存し、徐冷の場合には塊状 γ 相の生成による β/γ 二相組織（以下duplex組織と呼ぶ）に、一方、急冷の場合には α 相にマルテンサイト変態した後 α_2 相に規則化し、時効により板状 γ 相の生成を介してduplex組織に変化することを見出している。また、高温 α 相はまず $\alpha(\alpha_2)/\gamma$ ラメラ組織に分解し、その後、 $\beta + \gamma$ 二相領域の高温側（1373 K以上）では、ラメラ界面上での粒状 β 相の生成を介した連続析出によりduplex組織になること、一方、低温側ではラメラコロニー界面からのセル状析出反応によりラメラ形態を有するduplex組織に変化することを見出し、duplex組織中の β 相の体積率は、前章で求めた等温断面図から推定できると述べている。以上の知見から、機械的性質を評価するモデル組織として、 α_2/γ ラメラ組織中に異なる体積率有するduplex組織を導入した数種類を選定している。

Chapter 4 「Effect of Microstructure on Fatigue Crack Growth Behavior at Ambient Temperature」では、前章の知見に基づいて組織制御したモデル組織を有する試料を用いて、室温における疲労き裂進展特性に及ぼすduplex組織の影響を主に β 相に着目して調べている。その結果、 α_2/γ ラメラ粒界への

duplex 組織の導入は、 α_2/γ フルラメラ組織と比べて、き裂の進展の開始する敷居応力拡大係数 (ΔK_{th}) を増加させ、また、き裂進展速度の ΔK_{th} 依存性を表す Paris 則の傾き (m) は低下させ、き裂進展特性は向上することを見出している。この ΔK_{th} の増加は β 相の高い破壊応力と γ 相の塑性変形によるき裂先端の鈍化に、また、 m の低下は 2 次き裂の発生による主き裂先端の応力場の緩和に起因すると述べている。一方、試料全面を duplex 組織にすると、 β/γ 界面でのき裂の発生および γ 相中でのき裂の伝播が容易になることから、 ΔK_{th} の低下および m の増加を招き、き裂進展特性は著しく低下することを実験的に明らかにしている。その結果、き裂進展特性の向上には duplex 組織の体積率約 30% とし、且つ、その形態をラメラ状に制御することが最も有効であると述べている。

Chapter 5 「Effect of Microstructure on Fatigue Crack Growth Behavior at Elevated Temperatures」 では、前章にて用いたモデル組織の高温 (873 K, 1073 K) における疲労き裂進展特性を調べている。その結果、温度の上昇に伴い ΔK_{th} は 873 K にて減少するが、1073 K では室温よりも高い値を示すこと、一方、 m は低下することを明らかにしている。組織観察から、酸化は 873 K ではほとんど生じていないものの 1073 K では著しいこと、また、いずれの温度においても β 相の変形が主き裂から離れた領域でも認められることから、1073 K での ΔK_{th} の増加は酸化物誘起き裂閉口効果に、また、 m の低下は bcc 構造に由来する β 相の変形能の増加に起因すると説明している。

Chapter 6 「General Conclusions」 では、各章で得られた知見を総括し、き裂進展特性向上のための最適な組織とその制御法を提案している。

以上要するに、本論文は、航空機用の材料として用途の拡大が期待される TiAl 基合金のき裂進展特性に及ぼす β -Ti 相の影響を、相変態を利用した組織制御により系統的に調べ、従来定性的に受入れられていた考えとは異なり、 β 相の導入がき裂進展抵抗の向上に有効であることを初めて実験的に明らかにし、その機構と組織制御法を相平衡および相変態に基づいて提案したものであり、工学上並びに工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士 (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。