



Title	方向制御層状組織を有するTiAlの疲労特性に関する研究
Author(s)	安田, 弘行
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/39745">https://hdl.handle.net/11094/39745</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名 やす だ ひろ ゆき  
安 田 弘 行

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 2 5 2 1 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 8 年 3 月 25 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第4条第1項該当

工学研究科材料物性工学専攻

学 位 論 文 名 方向制御層状組織を有する TiAl の疲労特性に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査)

教 授 馬越 佑吉

教 授 佐分利敏雄

教 授 山本 雅彦

教 授 森 博太郎

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、新軽量耐熱材料として航空機、自動車用部品等への応用が検討されている TiAl について、その実用化に不可欠な因子の一つである疲労特性に関する研究を行っている。TiAl の機械的性質はその合金組成、組織に強く依存し、 $\gamma$  母相と少量の  $\alpha_2$  相からなる層状組織を有する時に、優れた強度と延性が得られる。この変形と密接な関係を有する層状組織に注目し、層状組織を一方向に制御した TiAl PST 結晶を作製し、選択した方位での引張/圧縮交番変形挙動を調べ、疲労変形ならびに破壊挙動を明らかにすると共に、層状組織の役割を調べた。また、これらの実験結果から TiAl PST 結晶の疲労破壊機構を解明すると共に、疲労特性改善策についても検討を行った。本論文はこれらの結果をまとめたものであり、以下の4章から構成されている。

第1章は序論であり、TiAl の疲労に関する研究の意義を述べるとともに、本研究の目的、方針について述べている。

第2章は、TiAl PST 結晶の疲労変形挙動ならびに疲労破壊機構を、 $-196^{\circ}\text{C}$  から  $700^{\circ}\text{C}$  の温度範囲において、各種低サイクル疲労試験を行うことにより解明することを試みた。その結果、TiAl PST 結晶の疲労特性が、応力軸と層界面のなす角 ( $\phi$ ) に依存する著しい結晶方位異方性を示すことを捉えるとともに、その原因が  $\gamma$  相や  $\alpha_2$  相の変形モードならびに変形を拘束する層界面の効果が、各方位で異なるためであることを明らかにしている。さらに、この異方性に注目し、室温における疲労破壊機構を検討した結果、 $\gamma$  母相中で活動する変形双晶近傍で誘発される局所的なすべりに由来する疲労クラックの発生機構と、層界面でのクラックの偏向ならびに  $\alpha_2$  相中でのへき開破壊に由来する疲労クラックの伝播過程により疲労破壊機構を明らかにしている。また、以上の疲労挙動の温度依存性について検討し、特に実用使用環境に近い  $700^{\circ}\text{C}$  における疲労破壊機構を明らかにしている。

第3章では、第2章で明らかにした疲労破壊の支配因子を制御することにより、TiAl PST 結晶の疲労特性を改善する方法を検討している。その結果、第3元素としての Nb の添加ならびに組織の微細化が、それぞれ疲労クラックの発生ならびに伝播を抑制するために有効に作用し、その結果として疲労特性改善をもたらすことを明らかにしている。

第4章では、本研究で得られた結果を総括することとともに、TiAl の疲労破壊を防止する方法に関する提言を行っている。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、次世代の軽量耐熱材料としてその実用化が期待されている層状TiAl合金の疲労現象とその破壊挙動を調べている。層状組織を一方向に制御したTiAl PST結晶と呼ばれる特殊な結晶を用い、疲労におよぼす層状組織の役割を調べるとともに、疲労破壊機構を解明し、更にその特性を改善する可能性のある諸因子に関して検討している。得られた主なる成果は以下のとおりである。

- (1) TiAl PST結晶の疲労特性は、応力軸と層界面のなす角( $\phi$ )に強く依存し、著しい結晶方位異方性を示すことを見出している。すなわち $\phi = 0^\circ$ の場合、繰返し変形に伴ない急速に疲労硬化するが、一方 $\phi = 45^\circ$ の場合、疲労硬化を示すことなく破壊に至り、この著しい異方性はTiAl( $\gamma$ )母相および $\text{Ti}_3\text{Al}$ ( $\alpha_2$ )相の変形モード、ならびに変形を拘束する界面の効果が、 $\phi = 0^\circ$ と $45^\circ$ で異なることによりもたらされた変形下部組織の著しい形態の違いに起因することを明らかにしている。
- (2)  $\gamma$ 相中に存在する各種ドメインの方位関係に依存して、疲労変形した試料中には高密度の普通転位が集積したVein状組織と変形双晶が形成され、この集積転位は著しい疲労硬化をもたらすことを見出だしている。一方、変形双晶に起因する局所的変形により生じた試料表面の突き出しが、応力集中をもたらし、疲労クラック発生の起点として働くこと、また層界面はクラック伝播の有効な障害となることを明らかにしている。
- (3) TiAlの通常変形の場合の変形能改善のためには、双晶発生を容易にするV添加が有効であるが、疲労寿命は逆に劣化すること、疲労クラックの発生を抑制する立場からは、合金の積層欠陥エネルギーを上げ、双晶発生を抑えるNb添加が有効であることを明らかにしている。
- (4) 層界面はクラック伝播を有効に抑制し、そのため疲労寿命改善のためには層状組織の微細化、 $\alpha_2$ 相の形態制御ならびにその変形モードの制御が有効であることを明らかにしている。

以上のようにTiAlの疲労現象を転位の前後運動と、その所産としての変形下部組織形成とその変化といった微視的立場から捕らえ、その機構を解明するとともに、疲労特性改善策を見出している。これらの結果は新たな軽量耐熱材料としてのTiAlの開発への指針を与え、材料工学の発展に寄与するところ大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。