



Title	TiAl基金属間化合物のニアネットシェイプ成形に関する研究
Author(s)	小林, 慶三
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3132547">https://doi.org/10.11501/3132547</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名 小 林 慶 三

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 3 3 5 8 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 9 年 7 月 7 日

学 位 授 与 の 要 件 学位規則第 4 条第 2 項該当

学 位 論 文 名 TiAl 基金属間化合物のニアネットシェイプ成形に関する研究

論 文 審 査 委 員 (主査)  
教 授 大 中 逸 雄

(副査)  
教 授 原 茂 太 教 授 永 井 宏

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は軽量で耐熱性に優れる TiAl 基金属間化合物を液相の存在下で 3 次元形状にニアネットシェイプ成形するプロセスについて研究した成果を述べたものである。難加工性である TiAl 基金属間化合物の実用化の観点から、精密 鑄造プロセスと粉末プロセスを取り上げ、新しい電磁浮揚溶解とハイブリッド鑄型を組み合わせた鑄造システムを開発するとともに、半熔融成形と燃焼合成を組み合わせた新成形方法を開発している。本論文は序論、総括を含めて 5 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、本研究の背景、これまでの研究、本研究の目的および本論文の構成について記述している。

第 2 章では、高融点で活性な金属材料である TiAl 合金の溶解方法としてコールドクルーシブル・レビテーション溶解が適していることを示し、その溶解条件を制御することによって 75 K の過熱度を有する汚染の少ない TiAl 溶湯が得られることを明らかにしている。また、非複合あるいは複合酸化物系耐火材料と熔融 TiAl との反応をるつば法により調べ、 $Y_2O_3$ - $ZrO_2$  系耐火材料が熔融 TiAl との反応が少ないことを明らかにしている。さらに、 $Y_2O_3$ - $ZrO_2$  系耐火材料と  $ZrO_2$ - $SiO_2$  系耐火材料をハイブリッド化することにより、強度と低反応性を併せ持った実用的な精密鑄造用鑄型が得られることを明らかにしている。

第 3 章では、光硬化性樹脂を用いた 3 次元複雑形状キャビティを有する透明鑄型の作製技術を確認し、水モデル実験により鑄造方案と鑄造欠陥の発生機構の関係を明らかにしている。さらに、コールドクルーシブル・レビテーション溶解とハイブリッド鑄型を用いた鑄造システムにより 3 次元複雑形状の TiAl 鑄造材がニアネットシェイプ成形できることを明らかにしている。また、BN と TiAl 合金を溶解時に反応させることによって TiAl 鑄造材の組織が微細化できることを見出し、鑄造材の材質改善や表面改質方法を提案している。

第 4 章では、メカニカルアロイング (MA) 法で合成した非化学量論組成の Ti-Al 合金粉末と Al 粉末を混合することにより、Al の液相存在下での低加圧成形とその後の加熱による燃焼合成反応を利用した金属間化合物相の合成を行う新しい成形方法を考案し、燃焼合成反応が MA 粉末の組成とミリング時間によって制御できることを明らかにしている。また、固相焼結に比べて液相を利用した成形では低温で緻密化が進行することを明らかにしている。さらに、

MA 法でボール表面に硬質のコーティング膜を作製する技術を考案し、これにより MA 中のボールからの汚染が抑制できることを明らかにしている。

第5章では、本研究で得られた結果を総括している。

## 論文審査の結果の要旨

金属間化合物 TiAl は軽量で耐熱性に優れることから、次世代の高温構造用材料としての応用が期待されている材料であるが、活性な金属成分であるチタンを多く含むため製品形状への成形は困難である。このため、TiAl 金属間化合物のニアネットシェイプ成形技術の開発が求められており、特に、量産に適した鑄造法による成形技術の開発が重要視されている。本研究は、TiAl を完全に溶解してニアネットシェイプ成形する鑄造技術と、メカニカルアロイング粉末を用いた半熔融成形と燃焼合成を組合わせた鑄造技術について検討したものである。

得られた結果を要約すると以下の通りである。

- (1) コールドクルーシブル・レピテーション溶解における TiAl 溶湯の温度測定技術を確立し、溶湯過熱度におよぼす試料重量や試料位置の影響を総合的に明らかにしている。また、鑄造に適した装置を設計することにより、75K の溶湯過熱度を有し、かつ溶解雰囲気からの汚染の少ない TiAl 溶湯が得られることを明らかにしている。
- (2) 熔融 TiAl と酸化物系耐火材料との反応を詳細に検討し、熔融 TiAl の鑄型材料として 40 mass % 以下のジルコニアを含むイットリア-ジルコニア耐火材料が利用できることを明らかにしている。また、ジルコニアゾルのゲル化過程を明らかにし、ジルコニアゾルとイットリア粉末を用いたセラミックスラリーの作製技術を確立するとともに、適切な鑄型強度と低反応性を併せ持ったハイブリッド鑄型の作製に成功している。
- (3) 光硬化性樹脂とワックスモデルを用いて 3 次元複雑形状のキャビティを有する透明鑄型を作製する技術を開発し、水モデル実験により鑄造方案を最適化する技術を確立している。また、肉厚 1 mm 以下の TiAl 鑄造材を 2 % 以下の誤差で成形することに成功している。
- (4) BN と TiAl との反応過程を明らかにし、TiAl に 0.5 mass % の BN を添加して鑄造することによって、TiAl 鑄造材の結晶粒径を 50  $\mu\text{m}$  以下にできることを明らかにしている。また、アルミ粉末と BN 粉末をメカニカルアロイングにより混合した粉末を鑄型内面に塗布することで、鑄造材の表面層組織を微細化する方法を提案している。
- (5) メカニカルアロイングにおけるボールからの汚染のメカニズムを明らかにし、ボール表面に  $\text{ZrO}_2\text{-Ti-Al}$  の硬質相をコーティングする技術を開発している。これにより、種々の組成の Ti-Al 粉末をメカニカルアロイングにより非汚染で合成する技術を開発している。
- (6) メカニカルアロイング粉末にアルミ粉末を添加して TiAl 組成にし、加熱すると 933 K において 20 MPa で加圧成形できることを明らかにしている。さらに、この成形体を 1200 K まで加熱すると燃焼合成により金属間化合物が形成されることを見出している。この燃焼合成温度は、メカニカルアロイング粉末の組成やミリング時間によって制御できることを明らかにしている。

以上のように、本論文は TiAl の精密鑄造法に関する検討を行い、3 次元複雑形状の鑄造品をニアネットシェイプ成形する技術の確立に成功している。また、非平衡組織粉末を利用して 1200 K 以下で TiAl 基金属間化合物を成形する技術の確立にも成功している。その成果は材料工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。