

論文の内容の要旨

論文題目 軽量耐熱 Ti-Al-Nb 系金属間化合物の金属組織制御および
粒子複合化による高性能化

氏 名 江村 聡

本論文は新たな軽量耐熱材料として期待される Ti-Al-Nb 系金属間化合物について、金属組織の制御およびセラミック粒子の分散による機械的性質の向上の指針を示すことを目的としたものであり、6章から構成される。本論文の研究を通して明らかとなったことを要約すると以下のようなになる。

第1章では、航空機エンジンなどの熱機関への適用が期待されているチタン系耐熱材料(耐熱チタン合金, γ -TiAl 金属間化合物)の研究開発の現状および問題点を述べた。次に、新たな軽量耐熱材料として近年注目を受け始めている Ti-Al-Nb 系金属間化合物について、その特徴や軽量耐熱材料としての有望性について概説するとともに、製造プロセスや特性向上の手法について提示し、本論文の目的を明確にした。

第2章では、素粉末混合法を用いて $\alpha_2+\beta$ 二相組織からなるTi₃Al-Nb金属間化合物の製造を試みるとともに、その機械的性質の向上について、熱処理による金属組織の最適化ならびにTiB粒子分散強化の両面から検討を加えた。その結果、熱処理による金属組織の微細化がマトリックス材および複合材の室温高サイクル疲労特性の大幅な向上をもたらす一方で、高温特性、特にクリープ特性の低下も同時に招くこと、TiB粒子の分散によって、Ti₃Al-Nbの室温および高温での引張特性および室温高サイクル疲労特性は大きく向上するが、高温域では引張強さの急激な低下が見られるようになり、さらにクリープ特性に関しては、TiB粒子による強度の上昇が粒子分散に伴う基質の組織の等軸化によって打ち消されてしまうことがわかった。結論として、より高温特性を重視する観点からはTi₃Al-Nbを上回る高温特性を有する材料の使用も視野に入れる必要があることを示した。

第3章では、Ti₃Al-Nbより機械的性質、特に高温特性に優れていると考えられているO相(斜方晶)を主体としたTi₂AlNb金属間化合物について、素粉末混合法を用いての製造を試みるとともに、その機械的性質の向上を目的として、TiB粒子分散強化について検討した。製造したTi₂AlNbの室温および高温での引張特性および室温高サイクル疲労特性は、期待通りTi₃Al-Nbを上回るものであった。それに対してTi₂AlNb/TiB複合材料においては、高酸素含有量に起因する塊状 α_2 相の析出が特に低温側での引張特性の劇的な低下をもたらし、TiB粒子分散の効果が全く得られなかった。TiBを均一に分散させるためには、酸素を多量に含有する微細な原料粉末を用い、高い温度で焼結することが必要であり、素材中の酸素含有量は不可避免的に増加してしまう。このためTi₂AlNb/TiB複合材料の酸素含有量を低減し、本来期待されるTiB粒子分散の効果を発現させるためには、素粉末混合法に代わる新たな製造プロセスの検討が必要である、ということが示された。

第4章では、素粉末混合法に代わる製造プロセスである合金粉末法を用いて Ti_2AlNb 金属間化合物の製造を試みるとともに、その機械的性質の向上を目的として、基質の金属組織制御、結晶粒径の微細化、TiB 粒子分散強化について検討を加えた。製造した Ti_2AlNb の室温および高温での機械的性質は、加工熱処理による金属組織制御によって大きく向上し、特に α_2 相の分散によって B2 結晶粒径を微細化することで Ti_2AlNb の室温延性が大幅に改善されること、 $\text{Ti}_2\text{AlNb}/\text{TiB}$ 複合材料においても、素粉末混合法によって製造した場合と比較して、製造工程中の酸素のピックアップがほとんどないことから、素材中の酸素含有量が 0.08 mass%以下と極めて低いこと、急冷凝固粉末を原料として使用することで分散する TiB 粒子がより微細になることなどの理由によって著しい特性の向上が得られることが示された。以上の点から、合金粉末法による Ti_2AlNb 金属間化合物および TiB 粒子強化複合材料の製造は、Ti-Al-Nb 系金属間化合物材料の特性向上の手法として非常に有望であると結論づけられた。

第5章では、これまでの各章において得られた知見を基に、Ti-Al-Nb 系金属間化合物材料の特性向上の手法と向上の程度について整理して示した。金属組織の微細化と結晶粒径の微細化を組み合わせることで、高温強度と材料信頼性のバランスにおいて、既存のチタン系耐熱材料(near α 型チタン合金, γ -TiAl)を大きく上回る特性が期待できること、クリープ特性等の高温強度の向上の観点からは、微細な TiB 粒子の分散が非常に有効であることが、既存のチタン系耐熱材料やニッケル基超合金との比較、およびモデル式を用いた計算によって示された。

第6章では、得られた結果を総括した。

以上のように、本論文は、Ti-Al-Nb 系金属間化合物および TiB 粒子強化複合材料について、機械的性質に及ぼす金属組織制御・粒子複合化の影響を詳細に

検討し、高温特性と材料信頼性が両立するような、新たな軽量耐熱材料の実用化に向けた組織制御の指針を示したものである。