

氏名(国籍)	アナック カンタチャワナ (タイ)		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第3149号		
学位授与年月日	平成15年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	工学研究科		
学位論文題目	Characterization of Transformation and Shape Memory Behavior of Ti-Ni and Ti-Ni-Cu Melt-Spun Ribbons (Ti-Ni及びTi-Ni-Cu急冷凝固リボンの変態及び形状記憶の特性評価)		
主査	筑波大学教授	工学博士	宮崎 修一
副査	筑波大学教授	理学博士	浅野 肇
副査	筑波大学教授	工学博士	水林 博
副査	筑波大学講師	工学博士	金 熙榮

### 論文の内容の要旨

Ti-Ni形状記憶合金は小型・単純化できるためマイクロアクチュエーターに応用されることが多い。この場合、応答性の良いマイクロアクチュエーターが望まれる。応答性を改善させるために変態温度が高く、薄い試料が必要になる。しかし、圧延板の場合では、加工の容易な限られた範囲の組成のTi-Ni二元合金でも数十ミクロンまでが限界である。それに対し、急冷凝固法では加工の困難な合金組成のTi-Ni二元合金およびTi-Ni-X三元合金も含め、厚さ15ミクロンの合金リボンの作製が可能になる。本論文では、Ti-NiおよびTi-Ni-Cu急冷凝固リボンを作製し、それらの材料特性を調べるために広範囲の組成域での形状記憶特性を評価し、集合組織および内部組織の観察を行った。形状記憶特性を調べるためにDSC測定、一定応力下での熱サイクル試験、引っ張り試験を行い、相の同定および集合組織にはX線回折測定を行い、内部組織観察にはTEM観察を行った。

まず、Ti-Ni二元合金リボンを急冷凝固法によって作製した。Ni濃度が48～51at%の組成範囲ではas-spunの状態ではリボンはすでに結晶化し、合金組成に依らず $\{100\}_{\text{Ni}}$ に沿って非平衡な板状析出物が形成されることを明らかにした。この板状析出物は機械的特性および形状記憶特性を改善し、Ti-50at%Niリボンにおいて最大で6.5%の回復歪み、600MPaのすべり臨界応力を示した。また、773K以上で熱処理を施した場合、いずれの試料でも非平衡の板状析出物が確認できず、Ti過剰のリボンでは、 $\text{Ti}_2\text{Ni}$ 析出物のみが観察され、熱処理温度の増加と共に成長していくことが確認できた。一方、Ni過剰のリボンでは、 $\text{Ti}_3\text{Ni}_4$ および $\text{Ti}_2\text{Ni}$ の二種類の析出物が確認できた。

集合組織を調べた結果、いずれの試料も典型的な $\{100\}$ 繊維集合組織を形成することが明らかになった。この繊維集合組織によって試料面内では変態歪みの異方性は生じないため、アクチュエータ材料として利用し易い特性である。

第三元素としてCuを選択し、広範囲の組成のTi-Ni-Cu合金リボンを作製した結果、いずれの試料でもas-spunの状態ではアモルファスになるため、Cuを添加するとアモルファス化し易くなることが確認された。また、破断試験によってどの組成のアモルファスでも1GPa以上の破断応力を実現し、非常に強い試料であった。しかし、これらの試料を約773Kの熱処理温度によって結晶化させると、合金組成に依らず10～20nmと非常に微細な結晶粒および析出物の共存が確認でき、試料が非常に脆くなることが確認された。一方、Cuを20at%以上添加すると、変態温度の比較的高く(325K)、変態温度ヒステリシスの非常に小さい(10K)試料の作製が実現でき、実用的に十分

期待できると考えられる。また、1073Kで一時間熱処理を施すと、試料の脆性が改善され、600MPaとすべり臨界応力が高く、安定な繰り返し変形と良好な形状記憶特性を備えた急冷凝固リボンの作製に成功した。

### 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文では、Ti-Ni形状記憶合金の作製に急冷凝固法を適用することによって、従来の圧延法における加工性の問題を避けて薄板の作製が可能になり、さらにバルク材よりも安定な形状記憶特性を実現できたことは価値のある研究であると判断される。また、マイクロアクチュエータへの応用に必要な特性として、高い変態温度かつ小さい変態ヒステリシスを得るためにTi-Ni合金にCuを第三元素として添加したTi-Ni-Cu形状記憶合金リボンの作製にも成功し広い組成範囲でCu添加の効果を系統的に調べた。本来では問題となる高Cu濃度による脆性を熱処理による内部組織の制御によって改善し、安定した機械的特性を実現することに成功したことは非常に有用であり、Ti-Ni系形状記憶合金に関する分野において重要な研究成果であると判断される。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。