

Title	Ti-Ni系形状記憶合金のマルテンサイト変態と析出相に関する研究
Author(s)	福田, 隆
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	<a href="https://doi.org/10.11501/3151107">https://doi.org/10.11501/3151107</a>
DOI	10.11501/3151107
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏 名	ふく だ 隆 福 田 たかし
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 1 3 6 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 年 9 月 25 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	Ti-Ni 系形状記憶合金のマルテンサイト変態と析出相に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 佐 分 利 敏 雄 (副査) 教 授 山 本 雅 彦 教 授 馬 越 佑 吉 教 授 弘 津 禎 彦

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、Ti-Ni 系形状記憶合金におけるマルテンサイト変態の機構、Ti 濃度が50原子%より少し低い合金を時効処理した際に生じる析出相の構造、これらの析出相がマルテンサイト変態・形状記憶特性に及ぼす影響を調べた結果をまとめたものである。

第1章では、本研究の背景と目的について述べている。

第2章では、R相の核生成と自己調整について調べ、B2→R変態が典型的な一次変態であり、核生成・成長により変態が進行すること、R相の自己調整は4つのバリエーションが母相の〈001〉軸の周りに配列することにより起こり、自己調整単位として6種類存在すること、これらのバリエーション間の界面はR相の(111)および(11 $\bar{2}$ )面であることを明らかにしている。

第3章では、等原子比組成よりNi過剰のTi-Ni合金を時効する際に析出する準安定なTi<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub>相の結晶構造を調べ、Ti<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub>相は空間群R $\bar{3}$ に属する構造であり、六方格子をとったとき単位格子内には18個のTi原子と24個のNi原子があることを示し、原子位置、格子定数を明らかにしている。

第4章では、引張応力下で時効処理することによりTi<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub>相を配向析出させたTi-51Ni合金を用いて二方向形状記憶効果の能力を調べ、Ti<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub>相を配向析出させた試料に引張応力を加えた状態で冷却するとB2→R変態にともない試料は引張応力に抗して収縮し、その際に取り出せる仕事は引張応力が50から100 MPaのとき最大になること、Ti<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub>相を配向析出させた試料ではB2→R変態開始温度が引張応力の増加にともない降下することを明らかにしている。

第5章では、Ti<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub>相を配向析出させたTi-51Ni合金は通常の応力誘起B2→R変態を起こすのではなく、逆に応力誘起R→B2変態を起こすことを明らかにし、その理由を熱力学的に解明している。さらに、この合金はR相状態において双晶変形による擬弾性を示すこと、したがって形状記憶効果を示さないことを明らかにしている。

第6章では、Ti-Ni-Cu合金のB2→B19→B19'変態機構について調べ、B19相からB19'相への変態はB19相の(001)面上の[100]方向へのせん断変形により起こり、B19相から生成したB19'相は板状の(001)複合双晶により

構成され、B19相とB19'相の界面には明確な晶癖面が無いことを明らかにしている。

第7章では、Ti濃度が50原子%よりわずかに低いTi-Ni-Cu合金のマルテンサイト変態に及ぼす時効効果を調べ、C11<sub>b</sub>型構造を有するTi(NiCu)<sub>2</sub>相の析出にともない、B2→B19変態温度が上昇すること、Ti(NiCu)<sub>2</sub>相と母相は特定の方角関係があること、Ti(NiCu)<sub>2</sub>相はB19マルテンサイトの核生成サイトとなっていることを明らかにしている。

第8章では、Ti(NiCu)<sub>2</sub>析出相がTi-Ni-Cu合金の形状記憶特性に及ぼす影響を調べ、Ti(NiCu)<sub>2</sub>相は、B19マルテンサイトのバリエーションの再配列の障害となるため、一定の応力下でのB2→B19変態にともなう変形量が小さくなることを明らかにしている。

第9章では、本研究の総括を行っている。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は、Ti-Ni系形状記憶合金におけるマルテンサイト変態の機構、Ti濃度が50原子%より少し低い合金を時効処理した際に生じる析出相の構造、これらの析出相がマルテンサイト変態・形状記憶特性に及ぼす影響を調べた結果をまとめたものである。得られた主要な成果を要約すると、次の通りである。

(1) B2→R変態が典型的な一次変態であり、核生成・成長により変態が進行すること、R相の自己調整は4つのバリエーションが母相の〈001〉軸の周りに配列することにより起こり、自己調整単位として6種類が存在すること、これらのバリエーション間の界面はR相の(111)および(11 $\bar{2}$ )面であることを明らかにしている。

(2) 等原子比組成よりNi過剰のTi-Ni合金を時効する際に析出する準安定なTi<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub>の構造の属する空間群、原子位置、格子定数を明らかにしている。

(3) 引張応力下で時効処理することによりTi<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub>相を配向析出させたTi-51Ni合金に引張応力を加えた状態で冷却すると、B2→R変態にともない試料は引張応力に抗して縮み、逆変態にともない伸びること(二方向形状記憶効果を示すこと)、その際に取り出せる仕事は引張応力が50から100 MPaのとき最大になること、Ti<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub>相を配向析出させた試料ではB2→R変態開始温度が引張応力の増加にともない降下することを明らかにしている。

(4) Ti<sub>3</sub>Ni<sub>4</sub>相を配向析出させたTi-51Ni合金は通常の応力誘起B2→R変態を起こすのではなく、逆に応力誘起R→B2変態を起こすことを明らかにし、その理由を熱力学的に解明している。さらに、この合金はR相状態において双晶変形による擬弾性を示すことを明らかにしている。

(5) Ti-Ni-Cu合金のB2→B19→B19'二段変態におけるB19相からB19'相への変態はB19相の(001)面上の[100]方向へのせん断変形により起こり、B19相から生成したB19'相は板状の(001)複合双晶により構成され、B19相とB19'相の界面には明確な晶癖面が無いことを明らかにしている。

(6) Ti濃度が50原子%よりわずかに低いTi-Ni-Cu合金において、時効によりC11<sub>b</sub>型構造を有するTi(NiCu)<sub>2</sub>相の析出すると、B2→B19変態温度が上昇すること、Ti(NiCu)<sub>2</sub>相と母相は特定の方角関係があること、Ti(NiCu)<sub>2</sub>相はB19マルテンサイトの核生成サイトとなることを明らかにしている。また、Ti(NiCu)<sub>2</sub>相は、B19マルテンサイトのバリエーションの再配列の障害となるため、一定の応力下でのB2→B19変態にともなう変形量が小さくなることを明らかにしている。

以上のように本論文は、Ti-Ni系合金においてマルテンサイト変態に付随して起きる形状記憶効果と時効処理により生成する析出相との関係を明らかにし、析出相が重要な役割を果たす二方向形状記憶性を定量的に評価しており、材料物性工学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。