



Title	Ni-Mn-Ga強磁性形状記憶合金のバリエーション再配列に及ぼす磁場効果
Author(s)	岡本, 成朗
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48555
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	おかもと なり あき 岡 本 成 朗
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 1 8 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科マテリアル科学専攻
学 位 論 文 名	Ni-Mn-Ga 強磁性形状記憶合金のバリエント再配列に及ぼす磁場効果
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 掛 下 知行 (副査) 教 授 山 本 雅彦 教 授 森 博太郎

論 文 内 容 の 要 旨

Ni-Mn-Ga 強磁性形状記憶合金は磁場印加によりマルテンサイトバリエントが再配列し、それに伴い巨大歪が現れる合金として注目されている。この現象が現れる理由は結晶磁気異方性により定性的に説明されてきたが、定量的な説明は充分になされていない。そこで本研究では Ni-Mn-Ga に現れる 3 種類のマルテンサイト (10M、14M、2M) のバリエント再配列に及ぼす温度および磁場印加方向の影響を調べると共に、再配列が起こる条件を数式化し、その妥当性を示した。

第 1 章では、本研究の背景と研究目的を述べた。

第 2 章では、本研究の遂行に適した合金を選定するため Ni-Mn-Ga 系合金のマルテンサイト変態挙動の組成依存性を調べた。その結果より、 Ni_2MnGa (10M)、 $\text{Ni}_{2.02}\text{Mn}_{1.09}\text{Ga}_{0.89}$ (14M)、 $\text{Ni}_{2.14}\text{Mn}_{0.92}\text{Ga}_{0.94}$ (2M) を選定した。

第 3 章では、第 2 章で選定した 3 種類の合金を用いて、磁場によるバリエント再配列挙動に及ぼす温度の影響について調べた。10M ではすべての温度領域、14M では限られた温度領域 (280 K 以上) において再配列が起こることがわかった。一方、2M ではすべての温度領域において再配列が起こらないことがわかった。また、バリエント再配列が開始する磁場 H_s は温度の上昇と共に減少することがわかった。

第 4 章では、バリエント再配列挙動に及ぼす磁場印加方向の影響を 10M の 77 K において調べた。 $[111]_P$ 方向の磁場では再配列起きないが、 $[001]_P$ から $[011]_P$ の間の任意の方向の磁場では再配列が起こることがわかった。

第 5 章では、 Ni_2MnGa 多結晶 (10M) において磁場によるバリエント再配列挙動の調査を行い、 Ni_2MnGa 多結晶では温度によらず再配列はほとんど起きないことがわかった。

第 6 章では、第 3 章で用いた 3 種類のマルテンサイトの一軸結晶磁気異方性定数 K_u ならびに双晶界面移動に必要な剪断応力 τ_{req} を測定し、その結果を述べた。

第 7 章では磁場によるバリエント再配列が起こる条件を数式化し、その妥当性を第 3 章から第 5 章で得られた磁場によるバリエント再配列挙動を定量的に説明することにより示した。すなわち、磁場下においてバリエント間に磁気的なエネルギー差 ΔU_{mag} ($\leq |K_u|$) が生じたときに双晶界面上に磁気的な剪断応力 $\tau_{\text{mag}} (= \Delta U_{\text{mag}}/s$ 、ただし s は双晶剪断量) が働くと考え、バリエント再配列が起こる場合には $\tau_{\text{mag}} \geq \tau_{\text{req}}$ となり、起こらない場合には $\tau_{\text{mag}} < \tau_{\text{req}}$ となることを示した。

第 8 章では、本研究で得られた成果を総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、Ni-Mn-Ga 強磁性形状記憶合金に現れる 3 種類のマルテンサイト相（10M 相、14M 相、2M 相）における磁場印加によるバリエーション再配列挙動に及ぼす温度、磁場印加方向の影響を調べるとともに、磁場印加により再配列が起こる条件を数式化し、その妥当性を示したものであり、以下の知見を得ている。

(1) 磁場印加によりバリエーション再配列が実現する温度範囲を、バリエーション間の磁気的エネルギー差が最も大きくなる $[001]_P$ (P は母相を示す) 方向に磁場を印加することにより調査している。その結果、 Ni_2MnGa 合金に生成する 10M 相ではマルテンサイト変態温度以下のすべての温度領域でバリエーション再配列が可能であること、 $\text{Ni}_{2.02}\text{Mn}_{1.09}\text{Ga}_{0.89}$ 合金に生成する 14M 相では限られた温度領域 (280 K 以上、変態温度以下の範囲) においてのみ再配列が起きること、 $\text{Ni}_{2.14}\text{Mn}_{0.92}\text{Ga}_{0.94}$ 合金に生成する 2M 相ではすべての温度領域において再配列が起きないことを明らかにしている。また、10M 相ならびに 14M 相においてバリエーション再配列が開始する磁場 H_s は温度の上昇とともに減少することを明らかにしている。

(2) バリエーション再配列挙動に及ぼす磁場印加方向の影響を 10M 相について調査している。その結果、 $[001]_P$ から $[011]_P$ の間の任意の方向に磁場を印加した場合にはマルテンサイト変態温度以下のどの温度においても磁場印加によるバリエーション再配列が起きるのに対して、 $[111]_P$ 方向に磁場を印加した場合には磁場印加によるバリエーション再配列は起きないことを明らかにしている。

(3) 磁場によるバリエーション再配列機構を定量的に理解するために必要な結晶磁気異方性定数、双晶剪断量 s ならびに双晶変形応力 τ_{req} の温度依存性を上記の 10M、14M、2M 相について初めて系統的に求めている。

(4) 磁場印加によるバリエーション再配列が起きる条件を数式化し、その数式により上記(1)、(2)に示した結果が定量的に説明できることを示している。すなわち、磁場下においてバリエーション間に磁気的なエネルギー差 ΔU_{mag} が生じたときに双晶界面上に働く剪断応力 $\tau_{\text{mag}} = \Delta U_{\text{mag}}/s$ を評価し、その値を双晶変形応力 τ_{req} と比較をしている。その結果、 $\tau_{\text{mag}} \geq \tau_{\text{req}}$ の条件が満足されたときにのみ磁場印加によるバリエーション再配列が起きることを明確にしている。

以上のように、本論文は Ni-Mn-Ga 強磁性形状記憶合金において磁場によりバリエーション再配列が起きるための条件を数式化し、その妥当性を確かめることにより、磁場によるバリエーション再配列機構を明確にしたものである。したがって、学術的にもまた、強磁性形状記憶合金を工業的に利用する上でも、極めて重要な知見を含んでおり、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。