

Title	Fe ₃ Ptにおけるマルテンサイト変態に及ぼす規則度の影響と磁場・応力誘起巨大歪
Author(s)	山本, 将貴
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59242
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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	やまもと まさたか 山本 将貴
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 25509 号
学位授与年月日	平成24年3月22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生産科学専攻
学位論文名	Fe ₃ Ptにおけるマルテンサイト変態に及ぼす規則度の影響と磁場・応力誘起巨大歪
論文審査委員	(主査) 教授 掛下 知行 (副査) 教授 中谷 亮一 教授 荒木 秀樹 准教授 福田 隆

論文内容の要旨

インパー合金であり、かつ強磁性形状記憶合金であるFe₃Ptにおけるマルテンサイト変態の規則度依存性について調査するとともに、同合金における磁場および応力誘起歪の挙動を調査することを目的とした。

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、Fe₃Ptにおけるマルテンサイト変態は母相の長範囲規則度Sに強く依存し、規則度の上昇にともない変態温度が低下することを明確にした。また、Fe₃Ptのマルテンサイト相には少なくとも5種類の構造が存在し、それらは、規則度の低い方から、BCC、BCT、FCT(*c/a* < 1)、Orthorhombic、FCT(*c/a* > 1)であることをX線回折実験ならびに電子線回折実験により明確にするとともに、これらのマルテンサイト相における格子定数の温度依存性を明確にした。

第3章では、Fe₃Ptの磁気的性質を調査した。その結果、Fe₃Ptにおける上記のマルテンサイト変態に際して、自発磁化の値は増加し、その増加率は規則度の上昇とともに減少することを見出すとともに、キュリー温度は規則度の2乗に比例して上昇することを確認した。さらに、上記マルテンサイトにおいて*a*軸ならびに*c*軸の磁化曲線を測定することにより、各マルテンサイト相における結晶磁気異方性を明確にした。さらに、一軸結晶磁気異方性定数*K*₀を磁化曲線から評価し、*K*₀の値がマルテンサイト変態にともなう正方晶歪|1-*c/a*|に比例することを見出した。

第4章では、Fe₃Pt単結晶試料の母相ならびにマルテンサイト相における磁場誘起歪の測定を行い、*c/a* < 1のFCTマルテンサイトは磁場印加方向に対して収縮するのに対して、*c/a* > 1のFCTマルテンサイトは磁場印加方向に対して伸びることを見出すとともに、この挙動の違いを、結晶磁気異方性により明確にした。すなわち、*c/a* < 1のFCTマルテンサイトが磁場方向に対して収縮するのは、磁化容易軸が短軸の*c*軸であるためであり、*c/a* > 1のFCT

マルテンサイトは磁場方向に対して伸びるのは、磁化容易軸が長軸の*a*軸であるためであることを示した。

第5章では、*c/a* < 1のFCTマルテンサイトへと変態するFe₃Ptの弾性定数を測定するとともに、巨大弾性変形が可能であるか調査するために、Fe₃Pt単結晶試料を用いて[001]方向の圧縮試験を行った。その結果、弾性定数*C*は変態温度に向かってほぼ直線的に軟化し、変態温度付近で極めて小さくなることを見出した。また、280 MPaの応力負荷により約6%もの弾性的な変形が現れること、500 MPaの応力負荷によりBCT相への応力誘起マルテンサイト変態に起因する約15%ものヒステリシスをともなう擬弾性的な変形が現れることを見出した。

第6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

インパー合金として知られている Fe-25at.%Pt 合金(Fe₃Pt)のマルテンサイト変態は規則度に依存することは知られているものの、その研究は極めて少ない。また、近年この系に生成するマルテンサイトに磁場を印加すると数%もの巨大歪を発生することが報告されており、Fe₃Ptは磁場で歪を制御することが可能な強磁性の形状記憶合金として注目されている。本論文は、このFe₃Ptのマルテンサイト変態に及ぼす規則度の影響ならびにマルテンサイト相における磁場誘起歪と母相における応力誘起歪(弾性的変形挙動)を系統的に調査したものであり、以下の知見を得ている。

1. Fe₃Ptのマルテンサイト変態は規則度*S*に強く依存し、*S*の上昇にともない変態温度が低下することを明確にしている。また、マルテンサイトには少なくとも5種類の構造が存在し、それらは、*S*=0ではBCCマルテンサイト、*S*=0.57ではBCTマルテンサイト、*S*=0.75ではFCTマルテンサイト(*c/a* < 1)、*S*=0.81では斜方晶マルテンサイト、*S*=0.88ではFCTマルテンサイト(*c/a* > 1)であることをX線回折実験により明らかにするとともに、これらマルテンサイト相における格子定数の温度依存性を明確にしている。
2. Fe₃Ptにおける上記マルテンサイトの4.2Kにおける自発磁化は、規則度*S*の上昇とともに減少し、母相のキュリー温度は*S*の2乗に比例して上昇することを明確にしている。さらに、*c/a* < 1のFCTマルテンサイトの磁化容易軸は短軸である*c*軸であり、*c/a* > 1のFCTマルテンサイトの磁化容易軸は長軸である*a*軸であることを明確にするとともに、結晶磁気異方性定数*K*₀を調査し、その大きさが正方晶ひずみ|1-*c/a*|に比例することを見出している。
3. Fe₃Ptにおける母相ならびにマルテンサイト相の磁場誘起歪の測定を行い、*c/a* < 1のFCTマルテンサイトは磁場印加方向に収縮するのに対して、*c/a* > 1のFCTマルテンサイトは磁場印加方向に延びることを見出すとともに、この挙動の違いを、上記の結晶磁気異方性により説明している。すなわち、いずれのFCTマルテンサイトにおいても、磁場を加えると、磁場方向を磁化困難軸とするバリエーションは、その方向を磁化容易軸とするバリエーションへと変換され、それともない磁場誘起歪が現れることを明確にしている。
4. *c/a* < 1のFCTマルテンサイトへと変態するFe₃Ptは、弾性定数*C*が変態温度に向かってほぼ直線的に軟化し、その値は変態温度付近で極めて小さくなることを見出し、この相変態がバンド・ヤーン・テラー効果に基づく格子軟化を伴うことを明確にしている。また、この相変態が2次に近かつ格子軟化が著しいことから、単結晶を変態温度付近において[001]方向から圧縮すると、6%以上もの弾性的変形が現れることを見出している。

以上のように、本論文はFe₃Ptにおけるマルテンサイト変態と磁場誘起歪に及ぼす規則度の影響と弾性的変形挙動について調査したものであり、学術的にも、また形状記憶合金の開発にも有用な知見を多く含んでおり、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。