OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Fe-Ni合金双結晶のマルテンサイト変態挙動とその粒界性格依存性の解明
Author(s)	上田, 正人
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2343
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	上田 正人（うえだ まさと）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 17831 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 工学研究科マテリアル科学専攻
学位論文名	Fe-Ni合金双結晶のマルテンサイト変態挙動その粒界性格依存性の解明
論文審査委員	（主査） 教授 馬越 佑吉 （副査） 教授 森 博太郎　教授 掛下 知行

論文内容の要旨

本研究では、制御された結晶粒界を有する「双結晶」を用いて、マルテンサイト（M）変態挙動に及ぼす粒界性格の影響を明らかにした。さらに、その粒界相変態に対する粒界性格依存性と外場との重畳効果についても系統的に考察した。

第1章では、金属材料の力学・機能特性向上に対する組織制御の重要性、粒界相変態について紹介し、双結晶を用いて粒界相変態挙動を解明する意義と目的について述べた。

第2章では、現象論を用いて、Fe-32at.%Ni合金のM変態における晶癖面などの結晶学的パラメータ、M変態全体を記述する演算子としての形状歪を求めた。また、その解析を双結晶におけるM変態に対して適用するための行列代数学的解析手法について述べた。

第3章では、熱誘起M変態挙動に及ぼす粒界性格の影響について考察した。粒界近傍では、粒界のタイプに依存せず、粒界面に対して平行関係に近い晶癖面を有するバリアントが優先的に選択されることを指摘した。対称傾角粒界双結晶は、単結晶やねじり粒界双結晶に比べ顕著に高いM変態開始温度（M_s 点）を示すとともに、粒界を起点とした粗大なレンズ状M晶が粒界を挟んで対称に生成する不均一核生成を示した。この優先核生成は粒界を介した自己調整に起因することを行列代数学的解析により証明した。また、粒界性格に依存した変態挙動は全エネルギーの最小化に支配されていることを指摘した。

第4章では、予加工後の熱誘起M変態挙動について述べた。予歪導入後もM変態挙動は粒界性格の影響を強く反映し、約35%までの予歪域では、常に傾角粒界双結晶の M_s 点が他の結晶より高い値を示すことを見出した。

第5章では、粒界性格と負荷応力の重畳効果について考察した。応力負荷は本質的に核誘発能力の低いねじり粒界でさえも、粒界での不均一核生成を誘発することを見出した。傾角粒界近傍のバリアント選択には、応力負荷より粒界性格の効果が強く反映されることが明らかとなった。その特徴を利用し変態開始応力を理論的に算出する方法を提唱した。

第6章では、双結晶の逆変態挙動について、M変態挙動の粒界性格依存性に関する知見に基づき考察した。M変態時の自己調整が逆変態温度の変化に繋がることを指摘した。

第7章では、粒界性格制御による機能発現の可能性を探索した。特に、粒界性格に依存し形成された微細M晶層状組織の磁気特性について述べた。

第８章では、本研究で得られた結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、相変態の優先核生成サイトとして考えられている結晶粒界に注目し、モデル材料として Fe-32at.%Ni 合金を取り上げ、制御した粒界を有する双結晶を用いて、マルテンサイト（M）変態挙動に及ぼす結晶粒界の役割とその支配因子を調べている。得られた研究成果は以下の通りである。

(1) 90°〈211〉対称傾角粒界双結晶の M 変態開始温度（Ms）は、90°{211}ねじり粒界双結晶及び単結晶のそれより高いが、ねじり粒界双結晶と単結晶の Ms 点には顕著な差が認められない。M 変態の優先核生成サイトとしての結晶粒界は、その粒界性格に強く依存し、傾角粒界が核生成サイトとして有効に働くことを立証している。

(2)粒界近傍に生成する M 晶の結晶方位解析を行ったところ、粒界面に平行関係に近い晶癖面を有するバリアントが優先的に選択されることを見出している。さらに、傾角粒界では、等価なバリアントが粒界にて隣接した場合、M 晶の生成で生じる形状歪が粒界で連続し、一種の自己調整が可能であるが、ねじり粒界ではこのようなバリアントは存在しない。これが優先核生成サイトとしての粒界性格依存性の主因であることを明らかにしている。

(3)僅かな予歪の導入は、母相の加工安定化現象をもたらし、Ms 点を低下させる。さらに予歪量が増加すると、単結晶の Ms 点は上昇するが、双結晶には顕著な変化は認められない。予加工により導入された転位は、本質的に核生成サイトとして働く可能性を有しているが、同時に加工硬化も誘発し、双結晶では単結晶に比べて加工硬化が顕著に現れたため、Ms 点の上昇は抑制されると結論づけている。

(4)Fe-Ni 双結晶の応力誘起 M 変態を調べ、粒界性格と負荷応力の重畳効果について考察し、応力負荷が本質的に核誘発能力の低いねじり粒界さえも、粒界での不均一核生成を効果的に助長することを見出している。

(5)Fe-Ni 双結晶の逆変態に及ぼす粒界性格の影響について調べ、粒界性格に依存する M 変態時の自己調整が逆変態温度の変化に繋がることを指摘している。

以上のように、本論文は、材料特性改善のための組織制御において、重要な役割を担う M 変態に及ぼす粒界性格の寄与、ならびにその支配因子を明らかにするなど、組織制御に対する学術的にも実用的にも極めて重要な多くの知見を含んでおり、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。