



Title	最密充填構造を有するNi ₃ X (X=Nb, Ti, Sn) 型HCP基金 属間化合物の塑性変形挙動に関する研究
Author(s)	萩原, 幸司
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43411
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。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名	萩原幸司
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 17022 号
学位授与年月日	平成14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	最密充填構造を有する Ni_3X ($X=Nb, Ti, Sn$) 型 HCP 基金属間化合物の塑性変形挙動に関する研究
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

本研究は最密充填構造 (GCP 構造) を有する金属間化合物群のうち、特に六方晶を基本構造とする Ni_3Nb 、 Ni_3Ti 、 Ni_3Sn 化合物に注目し、その塑性変形挙動を明らかにした。得られた基礎的知見を基に、GCP 化合物における結晶構造と塑性挙動との相関、特に異常強化現象条件に関する一般則について考察した。本論文は以下の9章より構成される。

第1章では、金属間化合物が示す異常強化挙動および A_3B 型 GCP 化合物の結晶構造について紹介し、本研究の目的と意義について述べた。

第2章では、 $D0_3$ 型 Ni_3Nb 単結晶の塑性挙動について述べた。4種のすべり系と3種の双晶系の計7種の変形モードの存在を確認した。このうち(010) [100]、(001) [100]、(201) $\langle \bar{1}02 \rangle$ すべりの活動による異常強化現象の発現を見出した。詳細な転位観察等により、各すべり系の活動における転位運動機構、異常強化発現機構を解明した。

第3章では、 Ni_3Nb において活動する3種の双晶系に注目し、結晶学的な特徴、およびその活動に伴う特有の変形組織の形成機構について考察した。

第4章では、 Ni_3Nb における主すべり系である(010) [100]すべりによる交番変形試験を行い、これを介して転位運動の特徴を顕在化し、その挙動をより詳細に考察した。

第5章では、GCP 化合物の結晶構造の類似性に着目し、相安定性の変化を考慮したV、Rhの添加が $D0_3$ 型 Ni_3Nb の塑性挙動に与える影響について考察した。

第6章では、 $D0_2$ 型 Ni_3Ti 単結晶の塑性挙動について考察した。(0001) $\langle 2\bar{1}\bar{1}0 \rangle$ 底面すべりと (01 $\bar{1}0$) $\langle 2\bar{1}\bar{1}0 \rangle$ 柱面すべりの活動を確認し、さらに両者が共に異常強化挙動を示すことを見出した。この両すべり系の活動による異常強化発現機構について考察した。

第7章では、 $D0_3$ 型 Ni_3Sn 結晶の塑性挙動について考察した。底面すべり系と柱面すべり系の活動を確認し、さらに前者の活動による異常強化現象の発現を見出した。異常強化発現は他の化合物と同じく、らせん転位の K-W lock に起因することを明らかにした。

第8章では、本研究より得られた上記の知見を基に、GCP 化合物の示す塑性挙動の一般的特性および、異常強化現象の発現条件について考察した。この結果、HCP 基 GCP 化合物における、底面すべり系の活動による異常強化現象の発現条件が、「底面すべり系と柱面すべり系の易動度の差」と「すべり面上での転位分解様式 (APB タイプ、

SISF タイプ)」という2つの観点から、結晶 c/a 比を用いて整理可能であることを明らかにした。

第9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

ある種の金属間化合物は、中間温度領域において変形温度の上昇に伴って強度が上昇する、いわゆる異常強化現象を示し、優れた耐熱材料としてその開発が期待されている。しかし、その変形挙動、異常強化発現機構は各化合物によって異なり、統一的理解が得られていない。本論文は、最密充填構造を有する Ni_3X 型金属間化合物に注目し、その塑性挙動を詳細に調べるとともに、結晶構造、原子積層に注目してその力学特性を理解するための研究をまとめたものであり、その主な成果を要約すると以下の通りである。

(1) Ni_3Nb 結晶は、4種のすべり系と3種の双晶系で変形することを見出し、このうち (101) [100]、(001) [100]、(201) $\langle 102 \rangle$ の活動により異常強化が発現することを確認している。変形応力の温度、歪み速度依存性、変形微細組織観察の結果より、(101) [100] 主すべりによる異常強化は、(010) 面と (001) 面上での APB エネルギーの相違を駆動力とする K-W 不動化機構、(001) [100] すべりのそれは、運動転位と形成雰囲気場との動的な相互作用に起因することを明らかにしている。

(2) Ni_3Nb には3種の双晶系が活動するが、その結晶学的な特徴に注目し、その双晶同士の交差に際して蓄積される残留ひずみの大きさが、クラック発生、破壊と密接に関係することを示し、この双晶交差部における歪みの緩和機構は、交差する双晶面交線方向をはじめとする幾何学的因子に強く支配されることを明らかにしている。

(3) $D0_{24}$ 型 Ni_3Ti 結晶は底面すべり、柱面すべりによって変形し、両すべり系によって異常強化現象が発現することを見出している。この際の超格子転位の分解形態は、 Ni_3Nb と異なり変形温度の上昇に伴い、SISF から APB タイプへと変化し、異常強化が認められる中間温度では APB タイプの分解が支配的であり、これは $D0_{24}$ 型構造の原子積層に由来することを明らかにしている。

(4) $D0_{19}$ 型 Ni_3Sn 結晶では、底面すべりならびに柱面すべりが活動するが、底面すべりの活動により他の HCP 基化合物と同様、顕著な異常強化現象を発現することを明らかにしている。

(5) 上記の研究結果に加え、既存の HCP 金属中の転位芯構造に関する報告をもとに、HCP 基 GCP 化合物の塑性挙動の一般則を見出すとともに、異常強化の発現原因を考察している。 $D0_{19}$ 型、 $D0_{24}$ 型、 $D0_{19}$ 型金属間化合物の異常強化現象の発現は、「底面すべり系と柱面すべり系の易動度の差」と「底面上での超格子転位の分解様式」という観点から HCP 単位格子の c/a 比を用いて整理可能であることを示している。

以上のように、本論文は、 Ni_3X 型 HCP 基金属間化合物の塑性挙動、とりわけ異常強化現象の発現条件ならびに発現機構に対して明解な回答を与えており、材料工学分野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。