

氏 名	山 本 彰 利 やま もと あき とし
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 1343 号
学位授与の日付	昭 和 56 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	面心立方金属結晶の双晶応力と積層欠陥エネルギーに関する研究

(主 査)
論文調査委員 教授 高村仁一 教授 田村今男 教授 足立正雄

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、面心立方金属の双晶変形機構に関して存在する理論的対立を解消する目的で、典型的な面心立方金属および合金の単結晶を用い、双晶変形の諸要因を詳細に検討し、さらに結晶変形に重要な役割を果たす積層欠陥エネルギーを双晶応力から評価する方法を確立しようとしたもので、5章から成っている。

第1章は緒言で、面心立方晶の塑性挙動に重要な影響をもつ積層欠陥エネルギーに関する種々の評価法の中での双晶応力を利用する方法の位置づけと問題点の指摘が行われている。とくに、変形双晶の核発生機構に対して提案されている Venables のモデルと Miura らのモデルとの間には、各々の予測する双晶応力の試片軸方位依存性が全く逆の傾向を示すという顕著な対立がみられるので、この方位依存性を実験的に明確化することの必要性が本研究の端緒となったことを述べている。

第2章では、Venables がその理論的根拠とした Thornton らによる Cu の双晶応力の結晶軸方位依存性の再検討を目的として行われた実験の詳細とその解析結果とが述べられている。とくに、共に1価貴金属でありながら、Ag と全く逆の方位依存性を示すと云われてきた Cu に関する従来の実験と結果の解析との両面にわたる不備を指摘し、双晶応力の方位依存性を明確化しうるように、試片軸方位および変形温度を選定している。その結果、Cu も Ag と同様の方位依存性をもつことが明らかとなり、Venables の双晶核発生モデルの理論的根拠は失われ、面心立方金属の双晶発生機構が、双晶変形は交叉すべりと相補的に内部応力を緩和する機構であるとする Miura らのモデルによって、統一的に解釈しうることを確認した。さらに、Cu のように加工硬化の段階Ⅲで双晶が発生する場合には、交叉すべりによる内部応力の緩和を考慮する必要がある、このため加工硬化率に関連するパラメータを導入することによって、双晶応力の方位依存性を支配する内部応力を知る上に必要な不動転位への堆積転位数の評価法を新たに提示した。この評価法を Miura らのモデルと組合せ、双晶応力と各種の加工硬化パラメータとの測定値を用いることによって、Cu の積層欠陥エネルギーとして精度よく $44 \pm 1 \text{ mJ/m}^2$ の値を得ている。

第3章では、双晶応力の合金濃度依存性を利用して、純金属の積層欠陥エネルギーの値を評価する方法、

ならびに双晶発生時の内部応力を知ることによって、双晶応力の値のみから積層欠陥エネルギーを簡便に評価しうる方法が述べられている。まず、変形双晶の発生時の試片軸方位がほぼ同じになるように初期方位を有し、かつ溶質濃度の異なる Cu-Ge 合金単結晶においては、溶質濃度の増加に伴い、変形双晶の発生は変形段階のⅢからⅡへ移行し、またその双晶応力は次第に減少することを確認し、Miura らのモデルの妥当性を検証した。ついで、これらの双晶応力と、内部応力を構成する堆積転位数の評価とから導出された各合金の積層欠陥エネルギーの値は、溶質濃度依存性を示す唯一の経験式である Gallagher の関係によってよく整理され、純 Cu へ外挿した値は $43.4 \pm 0.2 \text{ mJ/m}^2$ となり、前章で独立に求めた値とよく一致する。さらに、各合金とも変形双晶が変形段階Ⅲの比較的初期に発生する条件下では、内部応力が双晶応力の 1.3 倍前後となることを確かめ、これに基づいて多くのパラメータを含む基礎式の簡略化を可能にし、積層欠陥エネルギーの値を双晶応力とショックレー半転位のパーガース・ベクトルの単純な積として求めうる汎用性ある関係式を提示している。

第 4 章では、Ni およびその合金の積層欠陥エネルギーの評価が述べられている。この金属および合金においては、今まで双晶変形に関する信頼しうる結果の報告はない。Ni の積層欠陥エネルギーの報告値は、 $80\text{--}450 \text{ mJ/m}^2$ と非常に大きなばらつきを示している。これは、高い積層欠陥エネルギーをもつ金属に対する唯一の従来法とも云うべき加工硬化の段階Ⅲの開始応力から評価する Seeger の方法の不確かさに起因する。このため、Ni の積層欠陥エネルギーを最も有効に低下させる合金元素として Ge を選定し、Ni-Ge 合金単結晶の極低温変形から双晶応力を測定し、前章の Cu 合金と同様の外挿法により、純 Ni の積層欠陥エネルギーとして精度よく $149 \pm 3 \text{ mJ/m}^2$ の値を得ている。さらに、前章で示された積層欠陥エネルギーの簡便評価法が、 100 mJ/m^2 程度の高いエネルギーをもつ金属および合金に対しても、十分に適用可能なことを指摘している。

第 5 章は総括で、以上の結果を要約したものである。

論文審査の結果の要旨

積層欠陥エネルギーは、面心立方晶の完全転位を構成する部分転位の間隔を決定する物理量である。その大小は塑性変形における転位の運動様式を支配するが、直接関連する代表的な機構としては交叉すべりと双晶変形とが挙げられる。この論文は、典型的な面心立方金属および合金の単結晶を用い、双晶応力を支配する諸要因を詳細に検討し、双晶発生の際の臨界条件における従来の問題点を明確化することによって、双晶発生に関して存在していた理論的対立を解消すると共に、面心立方晶の塑性挙動に重要な役割を果たす積層欠陥エネルギーを双晶応力から評価する方法を確立しようとしたもので、主な結果は下記のとおりである。

1) 双晶応力の結晶方位依存性に関して、共に 1 価貴金属であるにも拘わらず、Ag と全く逆の傾向を示すと云われてきた Cu における実験と解析の不備を指摘し、新たに Cu も Ag と同様の依存性をもつことを実験的に明確にした。

2) この結果、Thornton らの実験結果にもとづく Venables の双晶核発生モデルの理論的根拠は失われ、面心立方金属の双晶発生機構が、双晶変形は交叉すべりと相補的な内部応力の緩和機構であるとす

る Miura らの転位モデルによって、統一的に解釈しうることを確認した。

3) 双晶応力の結晶方位依存性を支配する内部応力を知る上に必要な堆積転位数の評価法を、交叉すべりによる応力緩和を考慮し加工硬化率に関連するパラメータを導入することにより、新たに提示した。

4) 上記の堆積転位数評価法を Miura らのモデルと組合せ、双晶応力と各種の加工硬化パラメータとの測定値を用いて、Cu の積層欠陥エネルギー (γ_{SF}) として $44 \pm 1 \text{ mJ/m}^2$ を得た。この値は、Cu-Ge 合金の γ_{SF} の溶質濃度依存性から、Gallagher の関係式を用いて純 Cu へ外挿した値ともよく一致する。

5) Ni の γ_{SF} の報告値は非常に大きいばらつきを示しているが、これは高い γ_{SF} の値をもつ金属に対する唯一の従来法とも云うべき加工硬化の段階Ⅲの開始応力から γ_{SF} を求める Seeger の方法の不確定さに起因することを指摘し、双晶応力法を用いて、濃度の異なる Ni-Ge 合金結晶の極低温実験から、Cu 合金と同様の外挿法により、純 Ni の γ_{SF} として $149 \pm 3 \text{ mJ/m}^2$ の値を得ている。

6) 双晶核発生時の堆積転位による内部応力が、試片軸方位によって双晶応力の 1.3 倍前後にしか変化しないことを確かめ、多くのパラメータを含む基礎式の簡略化を可能にし、双晶応力の測定から直ちに γ_{SF} を求めうる汎用性ある関係式を提示した。

以上を要するにこの論文は、面心立方金属の双晶変形機構に関する長年の問題点を解決し、双晶応力から積層欠陥エネルギーを評価する方法に明確な根拠を与えたもので、学術上實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。