

氏 名	成 田 舒 孝
	なり た のぶ たか
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 254 号
学 位 授 与 の 日 付	昭 和 46 年 5 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	工 学 研 究 科 金 属 加 工 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	DEFORMATION TWINNING IN SILVER AND SILVER ALLOY CRYSTALS (銀および銀合金結晶における変形双晶)

(主 査)
 論文調査委員 教 授 高 村 仁 一 教 授 足 立 正 雄 教 授 田 村 今 男

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、面心立方晶における変形双晶の発生過程を支配する諸因子について、典型的な面心立方金属の銀および銀合金単結晶を用いて系統的な実験を行い、その結果を包括しうる変形双晶の基本的性質をつきとめ、その核発生機構を明らかにしようとしたもので、6章から成っている。

第1章は緒論で、変形双晶の一般的性質、面心立方金属において変形双晶が発見されるまでの経緯ならびにその後の諸研究を概説し、本研究に至る由来が述べられている。すなわち、変形双晶はすべり変形が内部応力のために困難となる段階で発生することに注目し、もう一つの応力緩和機構と考えられる交叉すべりと相補の関係にあるとの観点に立ち、双晶発生 of 支配的諸因子とくに結晶方位や変形温度ならびに積層欠陥エネルギーとの関係を系統的に調べる必要のある所以が述べられている。

第2章は実験方法を述べたもので、実験に用いられた Ag, Ag-Cd, Ag-In, Ag-Sn および Cu-Ge 合金単結晶の作製法や引張試験法、とくに変形双晶の研究に欠くことのできない極低温における変形方法、さらにX線解析、光学顕微鏡観察および電子顕微鏡観察等の具体的手順が記述されている。

第3章は引張変形に伴う結晶軸の移動経路や変形双晶の発生する結晶面などについて詳細な検討を加えて分類し、分類された各々の場合について剪断応力の計算法を述べたものである。まず変形双晶の発生する結晶面とその剪断方向を示し、各々について双晶と母相との方位関係および双晶による格子ベクトルの変換関係を与え、ついで双晶発生時における双晶方向の剪断力、すなわち双晶応力の計算法を、結晶軸移動様式の差違により分類して示している。

第4章は実験結果を示したもので、結晶方位・変形温度・合金濃度との関連において、変形双晶発生に関する結晶学的研究ならびに双晶応力に関する系統的研究を述べたものである。

まず、変形双晶は最も活動的なすべり面上で発生するが、交叉すべり面上では決して発生しないことを明らかにした。さらに変形の stage II で双晶が発生する場合には双晶応力は変形温度依存性を示さないが、stage III で発生する場合には変形温度の上昇と共に、かつ結晶軸が〔100〕方位に近づくほど、双晶

応力が高くなることを見出した。

双晶応力は合金濃度の増加と共に減少するが、電子濃度比が約 1.12 以上の高濃度合金においては、低濃度合金に特徴的な巨視的な双晶の発生に伴う急激な荷重降下がみられず、応力-歪曲線上に屈曲点を示すにとどまる。この現象が、高濃度合金に特有な変形初期の著しいリュース帯形成と密接な関係にあることをつきとめ、さらに電子顕微鏡観察によって、応力-歪曲線上の屈曲点が微細な双晶の発生に対応すること、ならびにリュース帯発生に伴い形成されるクリティカル面上の積層欠陥が双晶の成長を妨げていることを明らかにした。また高濃度合金薄膜の電子顕微鏡観察においてしばしば見られる巾広い積層欠陥が、変形双晶の初期段階であることを指摘している。

第 5 章は考察で、本研究で得られた系統的な結果を包括的に説明しうる双晶発生の機構を論じ、双晶応力の理論的な定量化を試みたものである。

まず従来提案された変形双晶に関する理論はいずれも、本研究によって示された双晶応力の結晶方位依存性や変形温度依存性、あるいは双晶発生面の観察と矛盾する結果をまねくことを指摘し、変形双晶を交叉すべりとの相補的な応力緩和機構と考え、新しい転位モデルを提案した。このモデルは、ローマーの不動転位とそれに堆積するラセン転位との反応によって、複層の積層欠陥を双晶核として形成するというもので、その時の力の釣り合い、すなわち積層欠陥エネルギーおよび林立転位の抵抗と外力および内部応力の釣合から、双晶応力を定量化している。理論的に求められる双晶応力は、本実験で見出された双晶応力の結晶方位依存性と変形温度依存性を矛盾なく説明し得たばかりでなく、結果として導出された銀およびその合金の積層欠陥エネルギーの値は、他の方法で求められた最も信頼しうる値と極めてよい一致を示している。またこの方法で得られた銀合金の積層欠陥エネルギーの値は、溶質濃度の増加と共に減少し、かつその関係が電子濃度比によって包括的に記述されることを指摘した。

また高濃度合金においては、積層欠陥エネルギーが極めて小さいため、双晶の容易な発生が期待されるにも拘わらず、巨視的な双晶の形成されない原因として、リュース帯発生に伴い形成されるクリティカル面上の多重積層欠陥が、双晶核の成長を阻止する可能性を転位反応によって示唆し、このことを電子顕微鏡観察により実際に示した。

さらに〔100〕方位に近い結晶で変形双晶が形成されない原因として、積層欠陥エネルギーの低い合金においては、双晶転位の形成よりはむしろ、六方晶型の特殊な変態転位の形成の可能性のあることを挙げている。

第 6 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

双晶変形は、すべり変形とともに、結晶変形における最も基本的な過程である。それにも拘わらず、今日まで双晶発生に関する理論は確立されるに至っていない。この論文は、変形双晶の本質を、交叉すべりとの相補的な応力緩和機構としてとらえ、その観点に立って、典型的な面心立方晶の銀および銀合金単結晶を用いて系統的な実験を行い、双晶発生の機構を明らかにしようとしたもので、主なる成果は下記のとおりである。

1) 変形双晶に関する従来の3つの理論, すなわち Suzuki・Barrett, Venables, Cohen・Weertman のモデルは, 本研究によって始めて明らかにされた双晶応力の結晶方位依存性や変形温度依存性, 双晶発生面の観察と矛盾する結果をまねくことを指摘し, 新らしい転位モデルを提案した。すなわち, 変形の stage II で双晶が発生する場合には双晶応力に温度依存性はなく, stage III で発生する場合には変形温度の上昇と共に, かつ結晶軸が〔100〕方位に近づくほど, 双晶応力が大きくなることを見出した。この結果は, 変形双晶を交叉すべりとの相補的な応力緩和機構とみる著者の立脚点を強く支持する。この観点に立って, ローマーの不動転位とそれに堆積するラセン転位との反応により形成される複層型の積層欠陥を双晶核とするモデルを考え, このモデルに基づき, 積層欠陥エネルギーおよび林立転位の抵抗と外力および内部応力との釣合から双晶応力を導出し, 本実験で見出された双晶応力の結晶方位依存性と温度依存性を矛盾なく説明することに成功した。

2) 提案されたモデルに従えば, 双晶応力の実測値より積層欠陥エネルギーの導出が可能である。銀について求められた値は 21erg/cm^2 であるが, この値は他の方法で得られた最も信頼しうる値と極めてよく一致する。このことは, 双晶応力の測定が合金の積層欠陥エネルギーを知る有力な手段となることを示唆する。この方法で得られた Ag-Cd, Ag-In, Ag-Sn 合金の積層欠陥エネルギーは, 溶質濃度の増加と共に減少し, かつその関係が電子濃度比で包括的に記述されることを示した。

3) 高濃度合金では巨視的な双晶は形成されず, したがって双晶発生に伴う急激な荷重降下もみられない。その原因として, 変形初期のリュースダース帯発生に伴い形成されるクリティカル面上の多重積層欠陥の存在が, 双晶核の成長に対して阻止効果をもつことを転位反応によって具体的に示し, かつ電子顕微鏡観察により実証した。また長年議論的となっていた高濃度合金薄膜にみられる巾広い積層欠陥が, 変形双晶の初期段階であることを始めて指摘した。

これを要するにこの論文は, 面心立方晶における変形双晶について詳細かつ系統的に研究し, その核発生機構を明らかにし双晶応力の定量化を行うと共に, 従来説明しえなかった変形双晶に関する諸現象に統一的な解釈を与えたもので, 学術上実際上寄与するところが少くない。

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。