

氏 名	大 谷 泰 清 おお たに やす きよ
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 533 号
学位授与の日付	昭 和 53 年 1 月 23 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	面心立方金属結晶における加工硬化段階ⅠからⅡへの遷移機構
論文調査委員	(主査) 教 授 高 村 仁 一 教 授 足 立 正 雄 教 授 村 上 陽 太 郎

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は、面心立方晶の加工硬化に関する従来の理論において、ほとんどあるいは全く触れられていない単軸変形における加工硬化曲線の段階Ⅰから硬化率の最も高い段階Ⅱへの遷移機構を、種々の解析法を駆使して実証的に解明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、面心立方晶の加工硬化に関する従来の研究における問題点の指摘、ならびに本研究の目的と位置づけが述べられている。とくに本研究の特徴として、単軸変形のもつ避けられない試片の把みの拘束作用のもとで形成される湾曲すべりの変形帯への移行、および変形帯の形成に付随する二次すべり系の活動などを検討して、加工硬化の段階ⅠからⅡへの遷移機構を究明しようとしたことを挙げている。

第2章では、単軸引張変形における把み効果と結晶の塑性的湾曲との関係について述べられている。まず、結晶のすべり変形の記述に適した変形勾配テンソルと棒状試片に適した弱小曲げの理論とを用いて把みによる拘束力を解析し、この拘束力には試片全面にわたって二次すべり系の活動を促がす拘束せん断応力と、把みの近傍における結晶の塑性的湾曲すなわち湾曲すべりを形成させる曲げ応力とがあることを示している。このような把みによる拘束作用の応力—歪曲線への効果を示す例として、変形の段階Ⅰへの試片長さの影響を検討した結果、上述の把み近傍に形成される鋭い湾曲領域の試片全長に占める体積比を考慮することによって、段階Ⅰ領域の長さの試片長依存性が合理的に説明されることを指摘している。

第3章では、面心立方晶の加工硬化に重要な役割を果たすと考えられている二次すべり系のうちで、従来ほとんど注目されることのなかった一次共面すべりの活動に関する実証と、その活動要因ならびに加工硬化段階ⅠからⅡへの遷移に対する寄与とが述べられている。まず、一次共面すべりを一次主すべりと疑義なく識別しうる結晶表面での干渉顕微鏡法・走査電子顕微鏡法・電子顕微鏡レプリカ法の利用、ならびにX線による試片回転の精密測定などによって、共面すべりの特徴がくわしく調べられた。その

結果、一次共面すべりの活動には明瞭な初期方位依存性のあることを明らかにし、かつ変形の初期から段階Ⅰの前半にかけて試片の全面にみられる共面すべりに関しては、共面すべり転位の主すべり転位との相互作用および共面すべり系の Schmid 因子を考慮した共面すべりの活動に必要な条件式を提示している。また、変形段階Ⅰの終りから段階Ⅱにおいて形成される変形帯の近傍に頻発する一次共面すべりは、試片の随所で不均質に発達する湾曲すべりに起因する捩れモーメントの緩和を主因として発生することを明らかにしている。このような一次共面すべりの活動は、湾曲すべりの変形帯への移行とその安定化に寄与することを通して、加工硬化過程とくに段階ⅠからⅡへの遷移に重要な役割を演ずることを指摘している。

第4章は、加工硬化段階ⅠからⅡへの遷移機構を述べたもので、試片の随所に不均質に発達する湾曲すべりの変形への *in situ* 移行に着目してその機構を明らかにしたものである。まず変形の段階Ⅰにおける湾曲すべりの形成は、単軸引張変形における把みの拘束作用のもとでの一次主すべりの活動の場所的不均質に由来することを示し、有限要素法応力解析からもこのことを裏付けている。また、試片の随所にみられる湾曲すべりの形成は、変形前の亜粒界の存在や変形初期にみられる二次すべり系の活動によって助長されることを明らかにすると共に、湾曲すべりを構成する過剰転位による内部応力が段階Ⅰの加工硬化に対して明瞭な寄与をもつことをも示している。さらに、湾曲すべりから変形帯への *in situ* 移行が段階ⅠからⅡへの遷移と密接な関係にあることをX線的ならびにエッチ・ピット法による転位集積体の観察によって明らかにすると共に、湾曲すべりを構成する過剰転位の局所集積化に関連して本研究で見出された純金属における焼鈍硬化現象によって段階Ⅱへの遷移が促進されることから、変形帯の形成が段階ⅠからⅡへの遷移に対して主導的な役割を果たすことを指摘している。すなわち、転位群が鋭く整列した境界をもつ変形帯の形成は、転位の運動の障害となって急激な転位密度の蓄積を招いて変形応力の顕著な増大をもたらし、集積転位群の応力場による二次すべり系の誘発と相まって、段階ⅠからⅡへの遷移が決定づけられることを結論している。この観点に立てば、段階Ⅰの長さの変形温度・合金濃度・試片軸方位・亜粒界密度など諸因子依存性が矛盾なく統一的に理解しうる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

面心立方晶の単軸変形における加工硬化曲線は3つの段階から成る。このうち加工硬化率の最も高い段階Ⅱに関しては、Taylor 以来立脚点を異にするいくつかの理論が提案され、そこにはまだ際立った対立が残されているとはいえ、その骨格をなすところはいずれもかなりの説得力をもっている。しかしどの理論においても、加工硬化を主体的に支える段階Ⅱがいかにして開始されるかいいかえれば段階ⅠからⅡへの移行の必然さは全く組みこまれていない。この論文は、典型的な面心立方金属の銅およびその合金単結晶を用いて、引張変形における段階ⅠからⅡへの遷移機構を解明しようとしたもので、主な結果は下記のとおりである。

1) 変形の段階Ⅰでは過剰の混合転位によって構成される湾曲すべりが試片の随所に形成されることを明らかにし、この湾曲すべりを担う領域間の方位差によって決定される転位密度が段階Ⅰの加工硬化

を支配することを指摘した。

2) この湾曲すべりが、試片の把みによる拘束作用下での主すべり系活動の場所的不均質に由来し、亜粒界および変形初期に活動のみられる二次すべり系を媒介として形成されることを明らかにし、有限要素法応力解析によってこれを裏付けている。

3) 純金属結晶の変形段階Ⅰにおいて低温焼鈍による硬化現象を見出し、この現象が過剰転位の局所的集積整列化に起因することを明らかにし、かつこのような過剰転位の集積整列化が段階ⅠからⅡへの遷移を促進させる効果のあることを指摘している。

4) 湾曲すべりの変形帯への *in situ* 移行をX線的に実証して、刃状転位整列境界をもつ変形帯の発生を段階Ⅱへの遷移に疑義なく関連づけることに成功し、段階Ⅰの長さが変形帯の形成の容易さに支配されることを指摘している。

5) 従来注目されることのなかった一次共面すべりの活動をつまびらかにし、その活動要因と活動に必要な条件式を提示した。このような一次共面すべりの活動は、湾曲すべりの変形帯への移行とその安定化に寄与することを通して、段階ⅠからⅡへの遷移過程に重要な役割を演ずることを明らかにしている。

6) 転位の鋭く整列した境界をもつ変形帯の形成は、Ashby 流の板状障害モデルからも理解されるように転位を結晶内に急速に蓄積させ、その結果変形応力の顕著な増大をもたらし、変形帯の背後に集積した転位群の応力場による二次すべり系の誘発と相まって、段階Ⅱへの遷移が開始されると結論している。

7) 上述の機構によって、従来から知られている段階Ⅰの長さを支配する因子、すなわち変形温度、結晶方位、溶質濃度、試片寸法などの段階Ⅱへの遷移に及ぼす効果が矛盾なく統一的に理解されることを示した。

以上を要するにこの論文は、転位論の目途した主要な目標の一つである加工硬化理論において未解決の問題であった変形段階ⅠからⅡへの遷移機構を、新しい知見と多角的な解析にもとづいて明らかにしたもので、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。