



Title	アルミニウム結晶における塑性変形の場所的分布に関するX線回折顕微法による研究
Author(s)	速水, 哲博
Citation	大阪大学, 1959, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/28171
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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	速水哲博
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 43 号
学位授与の日付	昭和 34 年 3 月 25 日
学位授与の要件	工学研究科冶金学専攻
	学位規則第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	アルミニウム結晶における塑性変形の場所的分布に関する X 線回折顕微法による研究
(主査)	(副査)
論文審査委員	教授 西山 善次 教授 多賀谷正義 教授 美馬源次郎 教授 篠田 軍治

論文内容の要旨

本研究はアルミニウム結晶の塑性変形の場所的分布をしらべ結晶塑性理論に対する実験的資料を提供せんとするものである。

従来変形の場所的知識を得るために、主として光学顕微鏡を用い、微視的にはレプリカ法による電子顕微鏡を用いて表面の凹凸を調べている。一方結晶格子の内部構造およびその歪の状態を知るには、主としてラウエ斑点の微細構造を調べるという方法が行われ場所的な問題を検討するには満足な方法ではなかった。

本研究ではそのような場所的分布をしらべるのに現在最も適した X 線回折顕微法を用いた。試料金属としてアルミニウム結晶を用いたのは、従来面心立方晶金属として最も広汎にその変形機構が研究されていて、本研究で得られた結果の解析に便なることを考慮したからである。

次にアルミニウム結晶の塑性変形の初期段階に現われる不均一変形の場所的分布について研究した結果をまとめる。なお X 線回折顕微法を用いた従来の研究としては本研究の先駆たる西山、山本の報告および Honeycombe によるそれがあるが、これらはいづれも X 線像の解析ならびに考察の立場が大雑把で、微細な点を究明していない。よって本研究では X 線源を尖鋭にし、カメラを新に設計して精度性能を向上し、かつ得られた写真の解析に当ってはより精密詳細に行なった。

1. 変形帯 (kink band) について

X 線回折顕微法による X 線像には、光学的にも観察される変形帯に平行な縞模様がある。従来光学的に観察できる変形帯は、通常のアステリズムの解析から辺り方向に直角な軸回りの格子回転であることは判明していたが、本研究においてその縞 K を場所的に解析した結果次のことがわかった。

- (i) 縞 K と光学的に観察される変形帯とは、照射角が適当であれば完全に場所的に 1:1 で対応する。
- (ii) 照射角を変えると縞 K はその反射位置が移動するが、この推移の様相は変形帯に関する Mott の考え方

に従ったモデルによって説明がつけられる。すなわち変形帯の両側では格子彎曲の符号が相反していてその数値も一般には異なっている。

(iii) 変形帯における格子回転の彎曲角は、結晶方位にもよるが、伸び率4%の加工で2°の程度である。

2. 辺り帯について

X線像には上記縞Kの他に光学的にみられる辺り帯方向に現われる縞模様(S)がある。辺り線の本性に関する従来の研究によると、ラウエ斑点のアステリズムは単純辺り領域には認められずただ変形帯近傍に認められ、その伸びには前述の格子回転のみならず辺り面法線周りの格子面の捩れと解釈されるものが存在することが認められている。これらはいづれも～100μ位の領域をぬりつぶした知識であって、場所的に微細な歪の存在に関しては未だ不明であった。これに対して本研究による辺り帯方向にはほぼ平行な縞Sを解析した結果次のことがわかった。

(i) 照射角の変化に伴う縞Sの推移状況は、辺り面上に捩れが存在することで説明され、その捩れの向きは10～100μの間隔をもって逆向きとなり、捩れの相殺が行われている。

(ii) 縞Sには局所性がある。これは辺り帯に局所的格子彎曲が存在することを示している。

3. 束状辺りについて

束状辺りをなす場合の不均一変形に関しては既にいくつかの研究があり、結晶方位との関係等は明らかにされているが、二次辺り領域(band of secondary slips, striae)の結晶格子の変形に関しては未だ明確さに欠ける部分が残っている。すなわち二次辺り領域からのラウエ斑点は殆どアステリズムを示さないが、この領域の周辺部からの斑点には、共軸系での辺り面上にあって辺り方向に直角な軸周りの格子回転を示すと思われる分裂が認められている。かつ光学的には二次辺り領域内には二組の方向からなるしわ模様(rumpled structure)が観察され、このしわ模様は第二、第三の系の変形帯の方向に対応するという報告がある。

X線回折顕微法による縞Sは詳細にしらべると四種の縞(S₁, S₂, S_b, S' と名づけた)に分けられる。これらのうち縞 S₁, S₂ はそれぞれ一次、二次辺り領域内にあってそれぞれの辺り帯にはほぼ平行であるが、縞 S_b は束状辺りの交互分布に対応し、縞 S' は不明のままになっていた。

本研究によってこれらの縞模様を詳細にしらべた結果次のことがわかった。

(i) 一次辺り領域域内にある S' は、その領域内にある二次辺り領域の小さいものに対応し、二次辺り領域内にある縞S'はその領域内にある一次辺り領域の小さいものに対応する。

(ii) 二次辺り領域内にはその系に属する変形帯は認められない。むしろ歪は一次、二次両領域の境界部分に集中していて、その歪の本性は両領域の拘束のために生じた格子回転であると思われる。

(iii) 縞 S₁ は一次辺り痕跡より数度以上傾いていて、これは測定誤差以上である。しかし直線性が非常によい。これは実験精度をさらに向上しなければ現段階では解析できず、その理由は不明である。

(iv) 一次、二次両領域の歪を比較すると一次領域の歪の方が遙かに大きい。

以上は本研究によって得られた結果の概要であるが、研究のために設計したカメラを用い、X線回折顕微法が結晶の傾きに対して感度のよい点を利用して、帶熔融精製した鉛、錫の下部組織を研究し発表した。

論文の審査結果の要旨

本論文はアルミニウム結晶を用いて塑性変形の場所的分布をX線回折顕微法によって調べ、結晶塑性理論に対する資料を提供せんとした実験的研究で8章よりなる。

第1章より第III章までは本研究の目的および実験の方法を述べている。結晶の塑性変形に関してはこれまで多くの研究がなされているので、辺り帯、変形帯、束状辺りなどがあること、ならびにこれらは結晶方位および加工条件に著しく依存することなどは知られている。しかし従来の研究の多くは光学顕微鏡では表面の凹凸を調べ、また塑性理論に最も重要な結晶学的事柄に対しては、X線ラウエ法を用い斑点の伸びによって研究しているが、たといX線にマイクロビームを用いたとしても場所的な事実をくまなく調べることはできなかった。

一方本研究で用いたX線回折顕微法では、X線源から試料までを遠くし試料と写真の乾板とは極めて近く、いわば密着ブラック法となっているので、得られた像は、照射された試料表面のすべての場所の結晶方位を同時に写し出すことができる。従って本研究の目的には極めて適当した方法である。

しかるにこの方法で研究されたものはいまだ文献数篇に過ぎず、しかも何れも精度低く十分な結果は得られていないので、本研究では装置を改良製作し精度について検討を加え微細な写真を撮影して、塑性変形の場所的分布を詳細に解析している。

第IV章はアルミニウム単結晶の作製法と加工の方法を述べ、第V、VI、VII章が本論となっている。

第V章はすでに日本金属学会誌に一つの論文として発表ずみのもので変形帯に関するものである。光学的に認められる変形帯の本性については、ラウエ斑点のアステリズムによって、辺り方向に垂直な軸の周りの格子回転であることは知っていたが、光学的には認め得られないほどの加工初期においてもX線回折顕微法では明瞭にわかるので、本研究ではこの変形帯にもとづくX線縞模様を詳細に調べている。その主な結果としては、照射角を変えるとこの縞の反射位置は移動するが、その推移の様相は変形帯に関するMottの転位モデルの説を証明する。すなわち変形帯の両側では格子彎曲が相反しており、その彎曲率の値は一般には相異なるが、伸び4%の加工で2°の程度であることなどを決定している。

第VI章もすでに日本金属学会誌に1論文として発表しているもので辺り帯に関するものである。X線像でも光学的に認められる辺り帯に平行な縞が現われるのであるが、照射角を変えてこの縞の推移を調べてみると、辺り帯の所で単なる結晶格子の辺りがあるだけでなく、辺り方向に垂直な軸の周りの格子回転も局所的に存在すること、ならびに辺り帯近くにおいてその面への法線の周りの捩れの向きが10~100μの間隔をもって逆向きとなり捩れの相殺が行われていることなどが明らかにされている。

第VII章は束状辺りに関するものであるが未公表である。束状辺りをなす場合は極めて下均一な変形をするもので、辺りが群って束状を呈している部分は一次辺り領域であり、残りの部分は微細な二次辺りの起っているいわゆる二次辺り領域であると言われている。これをX線回折顕微法で調べてみると変形帯にもとづく縞の外に辺り方向に比較的近い4種類の縞(S₁, S₂, S_b, S')が認められる。これらのうちS₁, S₂はそれぞれ一次、二次辺り領域にあってそれぞれの辺り帯にはほぼ平行であり、S_bは束状辺りの一つの束に対応しているのであるが、本研究ではさらに次のことを明らかにしている(I)縞S'は、一次辺り領域

域内にあるものは小さい二次辺り領域の混入している所に対応し、二次辺り領域内にあるものはその反対である。（Ⅱ）二次辺り領域内にはその系に属する変形帶は認められないで、むしろ歪は一次、二次両領域の境界部分に集中していて、その歪の本性は両領域の拘束のために生じた格子回転であると思われる。

（Ⅲ）縞S₁は他の縞より比較的直線性がよいが、一次辺り痕跡より数度以上傾いている。この傾きは測定誤差以上でその本性については未だ明らかでない。（Ⅳ）一次、二次両領域の格子彎曲は一次領域の方が大きい。

第VII章は総括である。

以上の如く、未解決の所も一部残っているが、アルミニウム結晶を引張り加工した場合の塑性変形の場所的分布が著しく明らかにされ、これは他の金属結晶の場合の指針となるばかりでなく、塑性理論の進展に寄与する所が大きいと思われる。なお著者は本研究の外にX線回折顕微法を使った研究を行っているが、この方法が、腐蝕などのように試料面の予備処理を何ら施さずに使えること、ならびに通常のX線的方法よりも結晶部分の傾きに対する感度がよい点、などの特徴を有することを考慮して本法の利用法を発展せしめている。かくして著者の行った研究は工学上貢献する所が大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。