

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	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/28171">http://hdl.handle.net/11094/28171</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

## 【 7 】

氏名・(本籍)	速水哲博
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 4 3 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は、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凸凹を調べている。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ふ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迂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 に対応する。
- (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

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. じり帯について

X線像には上記縞Kの他に光学的にみられるじり帯方向に現われる縞模様(S)がある。じ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じ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じ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。これらはいずれも $\sim 100\mu$ 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じり帯方向にほぼ平行な縞Sを解析した結晶次のことになった。

(i) 照射角の変化に伴う縞Sの推移状況は、じ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 $10\sim 100\mu$ 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。これはじり帯に局所的格子彎曲が存在することを示している。

## 3. 束状じりについて

束状じ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、二次じり領域(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。すなわち二次じ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、共軛系でのじり面上にあってじ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じ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( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_b$ ,  $S'$ と名づけた)に分けられる。これらのうち縞 $S_1$ ,  $S_2$ はそれぞれ一次、二次じり領域内においてそれぞれのじり帯にほぼ平行であるが、縞 $S_b$ は束状じ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) 一次じり領域内にある $S'$ は、その領域内にある二次じり領域の小さいものに対応し、二次じり領域内にある縞 $S'$ はその領域内にある一次じり領域の小さいものに対応する。

(ii) 二次じ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 $S_1$ は一次じ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、帯熔融精製した鉛、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、 $\gamma$ 帯、変形帯、束状 $\gamma$ 帯などがあること、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線ラウエ法を用いた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な方法である。

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影撮して、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誌に一つの論文として発表済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、 $\gamma$ 帯方向に垂直な軸の周りの格子回転であることは知れていたが、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 $2^\circ$ 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 $\gamma$ 帯に関するものである。X線像でも光学的に認められる $\gamma$ 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、 $\gamma$ 帯の所で単なる結晶格子の $\gamma$ 帯があるだけでなく、 $\gamma$ 帯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 $\gamma$ 帯近くにおいてその面への法線の周りの捩れの向きが $10\sim 100\mu$ 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 $\gamma$ 帯に関するものであるが未公表である。束状 $\gamma$ 帯をなす場合は極めて下均一な変形をするもので、 $\gamma$ 帯が群って束状を呈している部分は一次 $\gamma$ 帯領域であり、残りの部分は微細な二次 $\gamma$ 帯の起っているいわゆる二次 $\gamma$ 帯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 $\gamma$ 帯方向に比較的近い4種類の縞( $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_b$ ,  $S'$ )が認められる。これらのうち $S_1$ ,  $S_2$ はそれぞれ一次、二次 $\gamma$ 帯領域にあってそれぞれの $\gamma$ 帯にほぼ平行であり、 $S_b$ は束状 $\gamma$ 帯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 $\gamma$ 帯領

域内にあるものは小さい二次迂り領域の混入している所に対応し、二次迂り領域内にあるものはその反対である。(Ⅱ) 二次迂り領域内にはその系に属する変形帯は認められないで、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 $S_1$ は他の縞より比較的直線性がよいが、一次迂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Ⅷ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。