

## 2-14

## アルミニウム等軸双結晶の塑性変形

同志社大 大学院 〇佐伯義隆  
工学部 三浦 精

## 1. 緒言

多結晶金属材料の変形様式や機械的性質におよぼす結晶粒界の影響は大きく、LivingstonとChalmers<sup>1)</sup>や猪子ら<sup>2)</sup>等多くの研究者によって双結晶を用いたこの影響の基礎的研究が行われてきた。この種の研究には今まで等軸および非等軸双結晶が用いられてきたが、非等軸双結晶ではSchmid因子の違いや弾性異方性によってじりの開始ひずみが異なるなどの問題が生じるために等軸双結晶を用いる方が良いと思われる。現在までの研究によってこの粒界の影響は主として粒界に集積した転位群による応力集中と逆応力および粒界におけるひずみの連続性を保つための多重じりに起因するものとわかったが、まだ未解決の問題も多く残されている。

本研究はアルミニウム等軸双結晶の塑性変形におよぼす粒界の影響を双結晶の方位差および軸方位の面から変形応力やじり線観察によって検討したものである。

## 2. 実験方法

供試材は99.99%の純度を持つアルミニウムで、真空中でBridgman法により双結晶板を製作した。この双結晶板の各結晶粒の軸方位は種付けにより制御した。双結晶板から放電加工により双結晶試片を得、エメリ研磨後加工層除去のために30%苛性ソーダ液で表層を除去し、550°C 3 hrsの焼鈍を行なった。その後電解研磨して実験に供した。Photo.1に双結晶試片の一例を示すが、これ等の試片は厚さ2mm、幅5mm、平行部長さ15mmであり、粒界は試片中央部に、引張軸と平行に入っている。

双結晶試片の両結晶粒は同じ軸方位を持っている。Fig.1に本実験で用いた双結晶の軸方位を示す。ここでNo.305および203は90°、No.333は4°の方位差を持っている。比較のために各双結晶の成分単結晶も実験に供した。引張試験にはInstron型試験機でひずみ速度 $4 \times 10^{-5} \text{sec}^{-1}$ 、変形温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ で行ない、適度な変形の後にじり線やX線擬Kossel写真を得た。

## 3. 実験結果および考察

## a) 方位差の影響

No.305および333双結晶試片の応力-ひずみ曲線をFig.2および3に示す。いずれも降伏応力は双結晶と成分単結晶とではほとんど差はない。90°の方位差を持つNo.305双結晶では成分単結晶に見られるようなStage Iが消滅しているのに反し、4°の方位差を持つNo.333双結晶では成分単結晶の加工硬化率よりもう少し大きな硬化率を持つStage Iが存

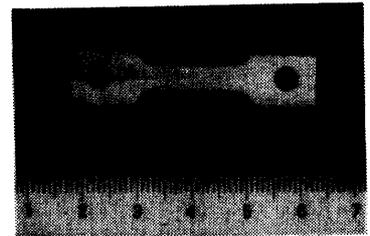


Photo.1 双結晶試片

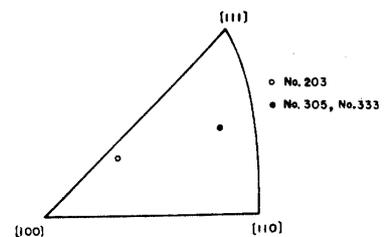


Fig.1 双結晶試片の軸方位

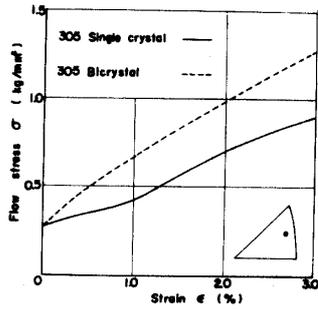


Fig. 2 No. 305 双結晶および単結晶の応力-ひずみ曲線

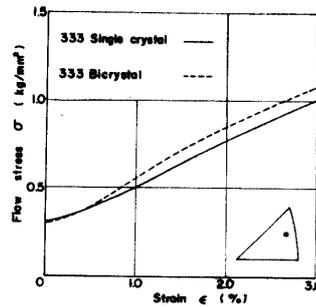


Fig. 3 No. 333 双結晶および単結晶の応力-ひずみ曲線

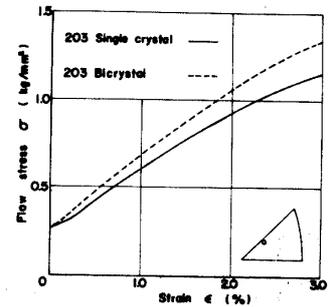


Fig. 4 No. 203 双結晶および単結晶の応力-ひずみ曲線

在する。この Stage I 領域の加工硬化と方位差の関係は方位差が大きくなれば加工硬化率も増大するとの Aust と Chen の結果<sup>3)</sup>と良く一致する。結晶粒界の存在による成分単結晶からの変形応力の増大はひずみの全域にわたって No. 305 の方が No. 333 に比較して大きい。

以上のような変形挙動の方位差依存性は粒界におけるひずみの連続性を満足するために両結晶粒で四つ以上の送り系が働かなくてはならぬとの Livingston と Chalmers の結論<sup>1)</sup>を考慮することによって説明できる。方位差の大きな双結晶では小さな双結晶に比べて粒界の連続性を保つために主送り系以外の送り系がより活発に作用することが必要となる。送り線観察においても主送り以外に共役送りや臨界送りによる多重送り層の幅は方位差が大きな双結晶程大きいことが確認された。この多重送りにより方位差が大きな双結晶は粒界の存在による応力増加も大きくなる。

#### b) 軸方位の影響

Fig. 4 に応力-ひずみ曲線を示した No. 203 双結晶は No. 305 双結晶と同じ方位差  $90^\circ$  を持っていて、Fig. 1 に示したように軸方位は異なる。これ等の双結晶で粒界の存在による変形応力の増加は変形の初期から多重送りを生じやすい No. 203 の方が生じ難い No. 305 よりも小さい。一般に高純度のアルミニウムでは変形が Stage II に入ると亜結晶粒や Cell が容易に形成される。Fujita と Tabata<sup>4)</sup>は適度な変形を与えたアルミニウム多結晶に対する Hall-Petch の関係式に結晶粒径を用いるよりも Cell 径を用いる方がより適することを見出しており、このことは Cell 壁や亜結晶粒界が可動転位の大きな障壁となり、結晶粒界と同種の役割を果たすことを意味している。本実験で用いた試片の軸方位を考えると No. 203 は No. 305 に比較して変形の初期より Cell 壁が形成され易い軸方位であり、このために結晶粒界の影響が見掛上減じられ、粒界の存在による変形応力の増加が少なくなっていると思われる。

#### 参考文献

- 1) J. D. Livingston and B. Chalmers; *Acta Met.*, **5** (1957) 322.
- 2) 緒子富久治, 秋園幸一, 美馬源次郎; *日本金属学会誌*, **36**(1972) 373., **36**(1972) 380.
- 3) K. T. Aust and N. K. Chen; *Acta Met.*, **2**(1954) 632.
- 4) H. Fujita and T. Tabata; *Acta Met.*, **21**(1973) 355.