

| | |
|--------------|---|
| Title | 金属結晶体の異方性発現機構に関する結晶塑性学的研究 |
| Author(s) | 小西, 晴之 |
| Citation | 大阪大学, 1997, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/40219 |
| 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、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。 |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

| | |
|------------|--|
| 氏名 | 小西晴之 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 第13093号 |
| 学位授与年月日 | 平成9年3月25日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 工学研究科機械工学専攻 |
| 学位論文名 | 金属結晶体の異方性発現機構に関する結晶塑性学的研究 |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 北川 浩 教授 城野 政弘 教授 三宅 裕 教授 稲葉 武彦 教授 香月 正司 教授 世古口言彦 教授 花崎 伸作 教授 齋藤 好弘 |

論文内容の要旨

本論文は、金属結晶体中においてすべり変形、結晶構造変化に伴って発現する異方性に対して、転位運動を非弾性変形の素過程と考える結晶塑性理論を用いて検討を加えた結果をまとめたもので、つぎの6章から構成されている。

第1章では本研究の目的、金属結晶体に生じる非弾性変形の物理的特性と巨視的現象のかかわりについて、これまでなされてきた研究の概要と問題点を整理した後、力学的に取扱う上で基礎とする考え方と問題設定について述べている。

第2章では、本研究において数理的検討の基礎とした、有限変形理論、ひずみ速度依存型の結晶塑性理論について述べ、それらを境界値問題の解析に適用するための定式化を示している。

第3章では、fcc及びbcc単結晶体の平面応力下における引張変形挙動を有限要素解析し、不均質変形の発達と異方性発現の様相に検討を加えた結果について述べている。bcc単結晶での解析結果は、Goss方位へ極度に方位集積したケイ素鋼板を用いて行なった実験結果と極めて良い一致を示し、それにより計算結果の妥当性を確認している。

第4章では、fcc単結晶体が示す潜在硬化特性に注目し、転位運動とその相互作用に対する物理的考察から、その特性を表現することができるひずみ硬化モデルを提案している。この硬化モデルの有効性を、純アルミ単結晶の多重すべり下での硬化挙動において確認すると共に、双結晶の引張変形問題に適用し、粒界近傍での降伏挙動の有限要素シミュレーションを行ない、粒界での塑性不適合応力に起因する不均質な降伏挙動が巨視的硬化に関わる基本的メカニズムを明らかにしている。

第5章では、アルミニウム展伸材の冷間圧延過程における変形集合組織及び塑性異方性発達に対して検討を加えた結果について述べている。各結晶粒に均一変形を仮定し、圧延変形を平面ひずみ圧縮とみなす近似により、{111}〈011〉すべり変形に誘起される集合組織発達の予測を行ない、種々の初期方位分布の条件下で、冷間圧延の実験結果と極めて近い特徴を持った繊維集合組織が形成される解析結果を示している。また潜在硬化特性の影響について検討し、純金属型と合金型の集合組織の推移に対して、潜在硬化が直接的には関与しない結果を示している。さらに圧延変形中の集合組織形成に応じて、降伏特性、延性特性に異方性が顕著に発達すると共に、方位集積の違いが塑性異方性に強く影響する解析結果を示している。

第7章では以上の検討結果の総括を行なっている。

論文審査の結果の要旨

金属結晶体の常温での非弾性変形の大部分は転位運動に伴う結晶のすべり変形により生じるため、その変形特性には結晶構造に固有な異方性が発現する。こうした塑性異方性は種々の塑性不安定現象の原因となるほか、材料の成形性を決定する要因となるため、その発現機構の解明は工学的に重要な検討課題である。本論文は塑性異方性の形成機構に対し、結晶塑性理論に基づく数理塑性力学解析を行なったものであり、その主な成果は以下のように要約される。

- (1) bcc 結晶体の巨視的塑性挙動が、Schmid 因子で決定される主すべり系のすべり変形によって支配され、その結果として顕著な異方性が発達し、特徴的な不均質変形が生じることを、平面応力下での有限要素解析並びに単結晶体に近い特性を示す一方向性ケイ素鋼板を用いた実験結果より明らかにしている。加えて有限変形を考慮した結晶塑性解析が、金属展伸材の塑性特性予測に有効であることを実証している。
- (2) fcc 結晶体の多重すべり下におけるひずみ硬化挙動、潜在硬化挙動を転位の運動論の観点から解釈することで、その硬化モデルを提案している。同硬化モデルの有効性を純アルミ単結晶体に対して実証すると共に、それにより結晶すべりの行過ぎ (overshooting) などの特徴的な挙動が説明されることを明らかにしている。
- (3) アルミニウム材の冷間圧延過程における集合組織の発達を、Taylor モデルに基づいた結晶塑性解析により予測し、実験結果と近い解を得ると共に、繊維集合組織形成が $\{111\} \langle 011 \rangle$ すべり変形に伴う格子回転により生じることを明らかにしている。また初期方位分布の違いが方位集積に与える影響を明らかにすると共に、潜在硬化特性は集積の分布形に大きな影響を与えないことを示唆する解析結果を得ている。加えて集合組織の発達に伴う塑性特性変化を予測するための計算手法を示し、塑性異方性硬化の様相に定量的分析を加えている。

以上のように本論文は金属結晶の弾塑性挙動、異方性の発現を微視的変形メカニズムから明らかにすると共に数理的手法による予測の可能性を示しており、塑性力学、材料組織学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。