

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |   |
|-------------------|---|
| 題目(和文)            |   |
| Title(English)    | Microstructure evaluation of single crystal pure iron in static recrystallization   |
| 著者(和文)            | LuoZichao   |
| Author(English)   | Zichao Luo  |
| 出典(和文)            | 学位:博士(学術),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第11208号,<br>授与年月日:2019年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:吉野 雅彦,大竹 尚登,阪口 基己,山崎 敬久,山本 貴富喜  |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Academic),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第11208号,<br>Conferred date:2019/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文  |
| Category(English) | Doctoral Thesis   |
| 種別(和文)            | 審査の要旨   |
| Type(English)     | Exam Summary  |

## 論文審査の要旨及び審査員

| 報告番号        | 甲第  | 号     | 学位申請者氏名 | Luo Zichao (駱自超) |     |
|-------------|-----|-------|---------|------------------|-----|
|             |     | 氏名    | 職名      | 氏名               | 職名  |
| 論文審査<br>審査員 | 主査  | 吉野 雅彦 | 教授      | 山本 貴富喜           | 准教授 |
|             | 審査員 | 大竹 尚登 | 教授      |                  |     |
|             |     | 阪口 基己 | 准教授     |                  |     |
|             |     | 山崎 敬久 | 准教授     |                  |     |

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Microstructure evaluation of single crystal pure iron in static recrystallization (単結晶純鉄の静的再結晶における微細組織変化)」と題し、英文6章からなっている。

第1章「Introduction」では本論文の背景、動機および目的について述べている。まず鉄鋼材料開発における社会的要請、技術的課題を述べた上で、加工熱処理による組織制御加工に技術的優位性および将来的な発展性があることを述べ、次いでこれまでの組織制御加工に関する研究を俯瞰し、基礎的な現象である核発生・粒成長機構が十分に解明されていないことが課題であると指摘している。そこで本研究では単結晶純鉄の静的再結晶を対象とし、塑性変形が核発生と粒成長過程に及ぼす影響を明らかにすることを目的としていると述べている。

第2章「Literature review」では、これまでの結晶組織の変形に関する研究、変形組織・集合組織の発達に関する研究、核発生・粒成長に関する研究を調査し、それらの研究の根本的問題として、bcc結晶の塑性変形機構が複雑であること、多結晶体試験片では初期組織が不明なため個々の組織変化過程が原理的に求まらないことを指摘している。さらにこれらの問題を解決するために、単結晶純鉄試験片を用いた加工・再結晶実験、結晶塑性有限要素法解析を用いた検討、さらに静的再結晶過程のin-situ観察実験が有効であると述べている。

第3章「Experimental and numerical study of deformed microstructure」では、5通りの異なる結晶方位を有する単結晶純鉄試験片を用いた引張試験について説明している。まず単結晶純鉄試料より残留塑性ひずみを生じずに引張試験片を作製する方法ならびに適切な引張試験方法を確立し、信頼性のある変位-荷重曲線を得た。一方、bcc結晶構造を有する単結晶純鉄について{110}系および{112}系の2種類のすべり系を組み合わせた結晶塑性有限要素法を構成し、測定された変位-荷重曲線を用いて結晶塑性有限要素法の6個の材料パラメータをPSO (Particle Swarm Optimization) 法にて同定している。これらの材料パラメータを使うことにより、種々の結晶方位における変位-荷重曲線だけでなく、IPF (Inverse Pole Figure) マップで表される試験片内の結晶方位分布の変化についても実験と解析がよく一致することから、本有限要素法解析が有効であることを示している。

第4章「Study on nucleation sites」では、引張試験を行った単結晶純鉄試験片を600°Cで焼鈍したときの組織変化を電界放射型走査型電子顕微鏡でin-situ観察した実験について述べている。同時にEBSD (Electron Backscatter Diffraction) 装置により結晶方位分布を逐次分析することより、静的再結晶における核発生および粒成長過程を時系列的に調べ、結晶方位や変形量の違いによる再結晶過程の違いを明らかにしている。さらに結晶塑性有限要素法解析にて試験片内の塑性ひずみ分布、塑性仕事分布、KAM (Karnel Average Misorientation) 分布を求め、それらと核発生位置との関係を検討し、KAM値が核発生に最も強く関与していることを明らかにしている。

第5章「Grain growth in static recrystallization of single crystal iron specimens」では、第4章で得られたデータに基づき、結晶粒成長に及ぼすKAM値、塑性ひずみ、塑性仕事、結晶方位などの影響を検討し、塑性仕事および粒界曲率に基づく粒成長速度式を提案している。さらにセルラーオートマトンによる粒成長シミュレーションプログラムを開発し、実験で得られた粒成長過程が再現できることを示し、提案した粒成長機構および粒成長速度式が妥当であると結論付けている。

第6章「Conclusions」では、本論文で得られた知見をまとめ結論としている。

以上を要するに、本論文は今後の省エネルギー、省資源、低環境負荷社会の実現の中核を担う鉄鋼材料の組織制御加工技術の発展を目指し、その基礎的な現象である静的再結晶について結晶内の塑性変形、核発生・粒成長の関係を定量的に明らかにしており、任意の塑性加工工程における組織制御加工法の確立に役立つ重要な知見を得たものであり、工業上・工学上貢献するところが大きい。よって博士(学術)の学位論文として十分な価値があると認められる。