

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	切削加工を利用した微細結晶粒鉄鋼ストリップ材の製造法
Title(English)	
著者(和文)	永島史悠
Author(English)	Fumihisa Nagashima
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11920号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:吉野 雅彦,平田 敦,阪口 基己,山崎 敬久,山本 貴富喜
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11920号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, 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

(博士課程)

## 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	永島史悠		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	吉野 雅彦	教授	審査員	山本 貴富喜	准教授
	審査員	平田 敦	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「切削加工を利用した微細結晶粒鉄鋼ストリップ材の製造法」と題し、和文5章からなっている。

第1章「緒言」では本論文の背景、目的および本論文の構成について述べている。まず近年の機械部品の微細化、高精度化への要求に伴い、素材の金属材料の結晶粒の寸法と加工寸法が同程度になると結晶粒の影響が無視できなくなるため結晶粒径の制御が重要な課題であると述べ、次いで超微細粒鋼が加工精度や仕上げ面品質の向上に有利なだけでなく、材料強度や耐食性、生体適合性に優れていると述べている。さらに加工熱処理法および強ひずみ加工法による超微細粒鋼の製造技術について概観し、それらの加工技術の課題を指摘した上で、それを解決する新しい方法として切削加工を利用した超微細結晶粒鉄鋼ストリップ材の製造法を提案している。そこで本研究では本製造法の有用性を検証するための課題を示し、その解明を目的とすると述べている。さらにその検証のための研究方法および本論文の構成を述べている。

第2章「強ひずみ加工による結晶組織変化に及ぼす加工法の影響」では、二次元切削加工もしくは板圧延加工により、純鉄素材に強い塑性ひずみを与えた試験片における変形組織の違いを検討している。まずそれぞれの加工法で作製した試験片の変形組織を反射電子回折(EBSD)装置により分析し、二次元切削加工では結晶粒内で微細なサブグレインが均一に多数形成されること、それに対して板圧延加工では部分的に微細なサブグレインが形成されるが、サブグレインが形成されない粗大な結晶粒も残存し不均一な変形組織となることを確認している。この原因として、二次元切削加工では結晶粒径より厚さが小さい剪断面で塑性変形が生じるため、全ての結晶粒が同じ剪断塑性ひずみを受けるのに対して、板圧延加工では塑性変形域が結晶粒より大きい結晶粒界でのすべり変形により結晶粒が回転し、変形が容易な方位の結晶粒に塑性変形が集中するためと考察している。さらに体心立方構造を有する純鉄単結晶のすべり変形を結晶塑性理論に基づき解析するシミュレーションを開発し、二次元切削加工に相当する強剪断変形を与えた場合の方が、圧延加工に相当する強平面圧縮変形を与えた場合より活動すべり系が多く、多重すべりにより幾何学的に必要な転位による粒界(GNB)が生成し、サブグレインが生成され易いことを示している。これにより、切削加工の方が板圧延加工より微細で均一なサブグレインの生成に有利であると結論付けている。

第3章「強ひずみ加工が静的再結晶組織に及ぼす影響」では、二次元切削加工もしくは板圧延加工により作製した純鉄試験片を熱処理したときに生じる静的再結晶組織を比較することにより、加工方法

の違いが組織変化に及ぼす影響を明らかにしている。まずそれぞれの加工法に依る試験片の再結晶組織を EBSD 装置で分析して、熱処理時間、熱処理温度の違いによる平均再結晶粒径の変化を明らかにし、その違いが予加工により生成された変形組織内のサブグレインの形態の違いに基づくと推測している。さらに隣り合うサブグレイン間の結晶方位差に基づき算定した蓄積変形エネルギーを、核生成粒成長機構に基づいた静的再結晶理論に組み込んだ再結晶シミュレーションプログラムを開発し、実験データとの比較により材料パラメータを同定した上で、加工条件および熱処理条件から静的再結晶組織の結晶粒径分布変化および平均結晶粒径変化を定量的に予測する方法を確立している。さらにこのシミュレーションを用いサブ  $\mu$  サイズの微細結晶粒鋼を製造するための加工条件および熱処理条件を示した上で、切削加工が静的再結晶粒の微細化にも優れていると結論付けている。

第4章「切削加工を利用した微細結晶粒鉄鋼ストリップ材の製造」では、二次元切削加工により作製した帯状の切屑をスキンプラス圧延で平坦化し、さらに熱処理により静的再結晶させる微細結晶粒鉄鋼の製造方法の有用性を検証している。純鉄を素材として用いて、本方法で製作したストリップ材の組織分析および引張強度測定を行い、加工条件と熱処理条件を制御することにより、純鉄材料の結晶粒微細化ならびに Hall Petch 則に基づく引張強度の向上が実現できることを示している。次いでオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 材にも本製造法を適用し、結晶粒の微細化および硬さの向上に有効であることを確認している。

第5章「結言」では、本論文で得られた知見をまとめている。

以上を要するに、本論文は切削加工と板圧延加工とで結晶内に生成される変形組織、およびその後の熱処理により生成する静的再結晶組織が異なること明らかにし、切削加工が結晶粒の微細化に有利であること示した上で、二次元切削加工を利用した微細粒鉄鋼ストリップ材の製造法を提案しその有効性を示したものであり、工学上・工業上貢献するところが大きい。よって博士(工学)の学位論文として十分な価値があると認められる。