

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ECAP加工により作製されたFCC超微細粒金属における大きなせん断変形による結晶粒微細化および粗大化
Title(English)	
著者(和文)	松谷亮輔
Author(English)	Ryosuke Matsutani
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11953号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:尾中 晋,寺田 芳弘,木村 好里,稲邑 朋也,中田 伸生
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11953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	松谷 亮輔		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	尾中 晋	教授		中田 伸生	准教授
	審査員	寺田 芳弘	准教授	審査員		
		木村 好里	教授			
		稲邑 朋也	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「ECAP 加工により作製された FCC 超微細粒金属における大きなせん断変形による結晶粒微細化および粗大化」と題し、全6章より構成されている。

第1章「序論」では、強ひずみ加工によって作製される超微細粒材の特徴と、それらの加工における結晶粒微細化限界について述べている。また、塑性変形により材料中で生じるこのような組織変化過程について明らかにするうえで、組織内の結晶方位変化を調べる重要性について述べている。さらに、具体的な結晶方位の解析手法として基準座標軸周りの回転として評価可能な対数角による結晶方位解析を挙げ、その有用性について示している。

第2章「単純せん断変形による同一領域での超微細結晶粒の微細化と粗大化」では、Cu の As-ECAP 材を用いて、SEM/EBSD 法による塑性変形前後での同一領域観察を行い、SPD の結晶粒微細化限界の要因である結晶粒粗大化について観察することを試みている。切り欠き付き試験片を用いることで、大きな単純せん断変形が起きた領域での同一領域観察が可能となり、その観察の結果、結晶粒界の形成による結晶粒微細化のみならず、粒界の消滅による結晶粒粗大化を確認している。このような結晶粒粗大化過程は、先行研究により示されている粒界移動 (grain boundary migration) による現象とは異なる結晶粒粗大化過程であることを明らかにした。

第3章「結晶方位の対数角を用いた表現とそれによる格子湾曲テンソルの評価」では、SEM/EBSD 法により得られた方位情報より、対数角を用いて Nye の格子湾曲テンソルを導出、評価する方法について述べている。対数角とは、結晶方位とその変化の回転行列 \mathbf{R} の対数、すなわち $\ln \mathbf{R}$ の三つの独立な実数成分を指しており、本章においてはこの特性を利用して、 x_1 - x_2 - x_3 直交座標系における位置変化 Δx_j とそれに伴う方位回転 $\Delta \mathbf{R}$ の対数角変化 $\Delta \omega_i$ により、 x_j から $x_j + \Delta x_j$ の間の平均的な格子湾曲テンソル κ_{ij} が $\kappa_{ij} = \Delta \omega_i / \Delta x_j$ と与えられることを示している。

第4章「単純せん断変形後に微細化および粗大化した結晶粒の方位変化評価」では、第2章と同様の実験および観察を Al に対して行っている。その結果、Al についても単純せん断変形に伴い同一領域で結晶粒微細化と粗大化が起ることを確認し、FCC 金属では一般に、このような現象が発生することを示した。また個々の結晶粒の方位について、対数角による解析から結晶粒内における

転位密度テンソルの平面内成分を求め、これらは結晶粒内でその成分毎に異なる分布となることを明らかにしている。これは結晶粒内にバーガスベクトルの異なる GN 転位が位置や密度を変えて存在していることを示すものであり、変形により結晶粒内で異なるすべり系が活動したことがその原因である。このような結晶粒内での異なるすべり系の活動は板面法線軸回りで結晶回転に強く現れ、加えられた板面内単純せん断変形と対応する現象となる。これらの結果は同一の変形下においても結晶粒の微細化と粗大化が発生し、それが強ひずみ加工における結晶粒微細化限界の一因となっていることを示すものである。

第5章「単純せん断と純粋せん断が超微細粒材の破断伸びに及ぼす影響」では、広範囲に単純せん断変形を発生させる形状の試験片を提案し、単純せん断と純粋せん断が UFG 材の破断伸びに及ぼす影響について述べている。試験片側面に半涙的形状の溝を加工することにより、引張試験における破断伸びが向上する結果を示している。画像相関法による観察から、純粋せん断変形が局所変形の初期段階で広範囲に発生し、これによりせん断ひずみが狭い領域に早期に集中することを抑制することによって破断伸びが向上することがわかった。

第6章「結論」では、本論文で得られた知見についてまとめ、加えてこの分野における今後の展望を述べている。

以上を要するに本論文は、強ひずみ加工における結晶粒微細化限界について、塑性変形中に粒界が消滅することで結晶粒が粗大化する現象をその一因として示し、結晶方位解析の手法として格子湾曲テンソルを対数角により表現する方法を提案したうえで、それをを用い、面内単純せん断によって引き起こされる特定の軸周りの結晶方位回転が結晶粒の微細化と粗大化の両方を発生させることを示したものである。加えて面内純粋せん断変形が破断伸びの向上に寄与することを示している。得られた知見は超微細粒材の組織形成過程の解明に貢献するとともに、材料の機能向上のための新たな材料設計についての指針を与えるものであり、工学上・工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があると認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。