

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	材料 材料	系 コース	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学) Academic Degree Requested Doctor of
学生氏名： Student's Name	松谷 亮輔		指導教員 (主)： 尾中 晋 Academic Supervisor(main)
			指導教員 (副)： 寺田芳弘 Academic Supervisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

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の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、広範囲に純粋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。画像関連法による観察から、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。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	材料 材料	系 コース	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名 : Student's Name	松谷 亮輔		指導教員 (主) : Academic Supervisor(main)	尾中 晋	
			指導教員 (副) : Academic Supervisor(sub)	寺田 芳弘	

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This thesis is entitled “Grain refinement and coarsening during large shear deformation in ultra-fine grained (UFG) materials processed by ECAP”, and the purpose of this is to understand the microstructural evolution in UFG materials.

In Chapter 1 entitled “Introduction”, the research backgrounds of UFG materials and analysis of crystal orientation are described to show the importance of the thesis.

Chapter 2 entitled “Refinement and coarsening of ultrafine grains in the same region during simple shear deformation” attempts to observe the phenomenon of grain coarsening during plastic deformation in Cu, which is the cause of the saturation of grain refinement. Observation of the same region before and after large simple shear deformation shows that grain coarsening is caused by the disappearance of grain boundaries.

Chapter 3 entitled “Representation of crystal orientation using log angles and evaluation of lattice curvature tensor” describes the analysis method of crystal orientation changes. For the change in a crystal orientation $\Delta\mathbf{R}$ with the change in a position Δx_j , it is shown that the elements of κ_{ij} are written as $\kappa_{ij} = \Delta\omega_i / \Delta x_j$ using the log angles $\Delta\omega_i$ of $\Delta\mathbf{R}$.

Chapter 4 entitled “Evaluation of orientation changes of refined and coarsened grain during simple shear deformation” describes the crystal rotation around the normal direction of the specimen surface by in-plane simple shear deformation in Al. It is shown that the large simple shear deformation not only forms the grain boundaries through the generation of GNDs but also breaks down grain boundaries by decreasing the misorientation between adjacent regions.

Chapter 5 entitled “Effect of simple shear and pure shear deformation on total elongation of UFG materials” describes that the occurrence of wide region of pure shear deformation during initial stage of local deformation suppresses the shear band localization and increases total elongation in Cu.

Chapter 6 entitled “Conclusions” gives the summary based on the whole thesis.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、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。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).