

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	超微細粒銅の塑性変形挙動に及ぼす温度と応力の影響
Title(English)	
著者(和文)	大久保智
Author(English)	Satoshi Ookubo
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9835号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:加藤 雅治,尾中 晋,木村 好里,寺田 芳弘,藤居 俊之
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9835号, Conferred date:2015/3/26, 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		大久保 智	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	加藤 雅治	教授	審査員	藤居 俊之	教授
	審査員	尾中 晋	教授			
		木村 好里	准教授			
		寺田 芳弘	准教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「超微細粒銅の塑性変形挙動に及ぼす温度と応力の影響」と題し、6章からなっている。

第1章「序論」では、超微細粒材料の特徴について概観し、試料としては純銅を、超微細粒材料作製法としては Equal-channel Angular Pressing (ECAP) 法を採用した経緯について述べている。また、超微細粒銅の力学特性の研究は多くあるが、温度や応力を広範囲に変えて変形機構を論じた研究はほとんどないこと、また、そのような実験を通じて新たな知見が多く得られるはずであることを指摘し、本研究の目的と意義について述べている。

第2章「超微細粒銅のクリープおよび引張変形挙動」では、ECAP 加工を8回繰り返した超微細粒銅試料を用いて、室温以上の温度で引張試験およびクリープ試験を行った結果、および変形前後の試料の結晶粒径や粒界方位差を調査した結果について述べている。クリープの応力指数と変形の活性化エネルギーの測定結果と組織観察結果を合わせて、負荷応力の大きさによって変形挙動が3つの領域に分けられることを見出している。そして、応力が 200 MPa 以下の低応力域では回復律速の転位クリープ、200 MPa から 280 MPa までの中応力域では回復律速と転位すべり律速の変形機構の混在、300 MPa 以上の高応力域では、転位すべり律速の変形機構であることを結論している。

第3章「応力急変試験による超微細粒銅の変形律速過程の判別」では、第2章の中応力域に着目して、回復律速と転位すべり律速の変形機構のうちどちらが支配的かを詳細に検討している。まず、温度 373 K でのクリープ試験中に、応力を 225 MPa から 250 MPa の範囲で変化させる応力急変試験を行うことにより、応力急変前後でのひずみの増減挙動を調べている。その結果、応力急増時のひずみ変化量の方が応力急減時のひずみ変化量より大きいことを見出して、中応力域における変形機構が回復律速であることや、回復が粒界での原子拡散機構によって起こることを明らかにしている。

第4章「超微細粒銅における塑性変形の活性化体積とその温度依存性」では、ECAP 加工を8回繰り返した超微細粒銅試料を用いて、温度 77-373 K で引張試験を行っている。また、変形中に  $8.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  から  $8.3 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$  の範囲でのひずみ速度急変試験も行っている。その結果、得られた活性化体積は、試験温度が 200 K 以下では温度の増加関数に、試験温度が 200 K 以上では温度の減少関数になるという特異な挙動を示すことを見出している。このことと変形の活性化エネルギーの考察から、200 K を境にして低温側では、すべり転位が林立転位を切って進む過程によって変形が律速され、高温側では、粒界から発生した転位が粒界上のピン止め点を外して粒内に進む過程によって変形が律速されることを結論している。

第5章「その場 X 線回折実験による超微細粒銅の引張変形中の転位密度測定」では、塑性変形にともなう超微細粒銅中の転位密度変化を調査している。まず、引張変形中の転位密度変化をその場測定によって追うためには、高強度 X 線源を用いて X 線ラインプロファイル解析 (XLPA)

を行う手法が有利な理由を述べ、SPring-8のビームラインBL46XUを使用して、ゴニオメータ上に取り付けた小型試験機による引張変形中のその場X線測定を行う研究の意義を説明している。そして、得られた実験結果をWilliamson-Hall法を用いたXLP法によって解析し、引張変形中の超微細粒銅の転位密度変化を求めている。室温での引張試験の結果、変形前には $2.7 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$ であった転位密度が、巨視的には弾性変形域であっても増加することや、引張変形中には転位密度が $5.0 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$ に達して飽和し、破断に伴って $3.7 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$ まで急激に減少することなど、変形中の転位密度の変化過程を世界で初めて捉えることに成功している。さらに、初期の弾性変形域での転位密度の増加は、林立転位間の転位の張り出しによることを定量的に明らかにしている。

第6章「結論」では、本論文の結果をまとめている。また、この分野の研究の課題を指摘すると共に、今後の発展のための理論的および実験的研究の可能性を具体的に提示している。

以上を要するに、本論文は超微細粒銅を用いてその変形挙動を詳細かつ系統的に調査し、変形温度と変形応力に依存した超微細粒材料の変形機構について多くの新しい知見を得るとともに、変形中の転位密度測定にも成功したもので、工業上、工学上、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ものと認められる。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポータル(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。