

氏名(本籍)	めん 孟	ふあん 凡	ちやん 強	(中 国)
学位の種類	博 士 (工 学)			
学位記番号	博 甲 第 6427 号			
学位授与年月日	平成 25 年 3 月 25 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当			
審査研究科	数理物質科学研究科			
学位論文題目	Structure and Properties of $Zr_{50}Cu_{50-x}Al_x$ Strained by High-Pressure Torsion in Glassy and Crystalline States (ガラス及び結晶状態で高圧ねじり加工された $Zr_{50}Cu_{50-x}Al_x$ の組織と特性)			
主査	筑波大学教授	Ph.D.	土 谷 浩 一	
副査	筑波大学教授	工学博士	津 崎 兼 彰	
副査	筑波大学准教授	工学博士	谷 本 久 典	
副査	物質・材料研究機構グループリーダー	博士(工学)	大 村 孝 仁	

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文では塑性加工を用いた非晶質金属材料の創製と組織・特性制御を目指し、ガラス状態及び結晶状態の $Zr_{50}Cu_{50-x}Al_x$ 合金に対して高圧ねじり加工 (High-Pressure Torsion, HPT) により巨大ひずみ付与した際の組織と機械的、熱的特性の変化について調べた。

論文の前半は傾角鋳造法で作製した非晶質状態の $Zr_{50}Cu_{50}Al_{10}$ 金属ガラスを高圧ねじり加工し、構造変化を X 線回折、透過型電子顕微鏡、密度測定などで、機械的特性をナノインデンテーション法で、さらに熱的性質を示差走査熱量測定 (DSC) を用いて系統的に調べた結果について報告している。その結果、加工とともにナノインデンテーション硬さと弾性率が著しく低下する現象を見出した。また塑性変形の機構も大きく変化し、ナノインデンテーション圧痕周囲の剪断帯数が高圧ねじり加工によって減少する事から、変形がより均一に生じる事も明らかになった。これらの特性変化は自由体積の変化と DSC で測定された低温緩和のエンタルピー変化と良い相関を示した。これらの結果は、高圧ねじり加工によって金属ガラスの試料中に多量の自由体積や、短範囲規則構造 (short range order, SRO) の変化が導入される、いわゆる“構造若返り”が生じる事に起因すると考えられる。また加工後の緩和熱処理温度とナノインデンテーション硬さと弾性率変化の関係を調べた所、室温～523 K では硬さ・弾性率が大きく増加するが、その後 523～573 K ではほぼ一定となり、さらに 523 K～723 K で僅かに増加するという 3 つのステージが存在する事が明らかになった。この低温域での緩和は chemical な SRO の変化、高温側の緩和は topological な SRO の変化に対応すると考えられる。

論文の後半では結晶状態の $Zr_{50}Cu_{50-x}Al_x$ 合金について Al 濃度を変化させた場合の初期組織の変化および HPT 加工による非晶質化の過程の変化について報告している。Al 濃度が 4% 以下の合金では加工前の組織はマルテンサイト相単相であったが、Al 濃度が 6% を越えると Zr_2Cu 相および τ_5 相が生成し、Al 濃度が高い合金程組織が微細化する傾向を示した。いずれの組成の合金でも HPT 加工による非晶質相の生成が確認されたが、Al 濃度が高い合金の方が非晶質相の生成が顕著に見られた。また、マルテンサイト相が優先的に非晶質化する傾向を示した。この事よりマルテンサイトの双晶界面、ならびに異相界面への転位の集中が

非晶質相生成を促進するためと考えられている。また得られた非晶質相はガラス転移を示す事が DSC 測定と粘弾性測定から確認され、強加工による金属ガラスの作製が可能であることを示した。さらに非晶質化が室温よりも 473K までの高温でより顕著に起こる現象も見出しており、Lindeman の melting criterion とマルテンサイト変態に伴う格子軟化現象と関連づけた議論をしている。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文で見出された金属ガラスにおける加工誘起軟化現象と緩和エンタルピーや自由体積変化との相関は世界で初めて報告されたもので、非晶質材料の変形機構を解明する上で極めて貴重な知見であると言える。また、剪断帯抑制効果は金属ガラスの加工性の改善へとつながるもので、非晶質材料の応用範囲を拡大する可能性がある。また高圧ねじり加工により非晶質化した試料がガラス転移を示す事を明らかにした点も、従来の急冷凝固法と比較して、様々な材料を金属ガラス化できる可能性を示唆するものである。

以上の様に本論文の内容は金属系非晶質材料について基礎科学的にも工学的にも重要な内容を含んでいる。

平成 25 年 2 月 15 日、数理物質科学研究科学学位論文審査委員会において審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって、合格と判定された。

上記の論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。