

Title	摩擦攪拌プロセスを用いた金属ガラスの接合および金属ガラスによる部分複合化技術に関する研究
Author(s)	池, 英洙
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/23492
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	池 英 洙
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 24200 号
学位授与年月日	平成22年9月22日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学位論文名	摩擦攪拌プロセスを用いた金属ガラスの接合および金属ガラスによる部分複合化技術に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 藤井 英俊 (副査) 教授 掛下 知行 教授 中田 一博

論文内容の要旨

本論文では、次世代材料として注目されているZr金属ガラスを、ガラス転移温度以上結晶化温度以下に温度制御しながら摩擦攪拌接合することで安定的に接合する手法を確立することを目的とした。また、金属ガラスの接合適用範囲を拡大するため、純Al/金属ガラス及び純銅/金属ガラスの異種材料の接合、さらには、純Al基材中に純Fe基金属ガラスや純Fe粒子を分散させた金属基複合材料の製作を試みた。本論文は以下に示す7つの章で構成されている。

第1章は、緒論であり、本研究の背景および研究目的について述べた。

第2章では、摩擦攪拌接合の原理、特徴についてまとめた上で、金属ガラスの定義、金属ガラスの摩擦攪拌接合に関する系統的な研究の必要性を取り上げた。

第3章では、摩擦攪拌接合により結晶化温度以下に温度制御する接合の可能性を検討し、攪拌部の結晶化挙動及び機械的特性を調査した。バリの発生を小さくするために通常より大きいショルダ径のツールを用いるとともに、ショルダのへこみ角度 10° を 3° と小さくし、過剰な熱の発生を抑制することによって、摩擦攪拌接合を用いてZr₅₅Cu₃₀Al₁₀Ni₅金属ガラスをガラス転移温度以上結晶化温度以下で接合することを可能にした。接合部においてもアモルファス状態と元来の機械的特性が維持されていることが確認された。

第4章では、純AlとZr基金属ガラスを用いて、異材摩擦攪拌接合の可能性を検討し、異材接合部の機械的特性及び形成組織について調査した。金属ガラスを前進側に純Alは後退側に固定して、プローブを純Al側に挿入することで金属ガラスが結晶化されず、欠陥のない良好な接合をすることを可能にした。最適条件では、引張強度がAl母材と比較して91%の強度が得られた。

第5章では、比較的融点の高い純銅とZr基金属ガラスを用いて純AlとZr基金属ガラスの場合と同様に、試料を設置し、欠陥のない良好な接合をすることが可能であった。純銅側の攪拌部では動的再結晶に起因する等軸粒が観察され、金属ガラスと純銅の界面の近くでは、伸長粒と細長い金属ガラスの粒子が観察された。引張強度は純銅母材と比較して95%であった。

第6章では、摩擦攪拌プロセス法を用い、金属基複合材料の製作の可能性を検討し、機械的特性に及ぼす移動速度、パス数の影響を調査した。摩擦攪拌プロセスを用いて、純Al中にFe基金属ガラスや純Fe粒子を分散させ、部分複合化することが可能であることを示した。Fe基金属ガラス粒子を純Al中に分散させた場合は、結晶粒の粗大化は抑制されるが、硬度に及ぼす影響は小さい。ただし、移動速度を10mm/minと低下させ、入熱量を増加させた

場合には、純AlとFe基金属ガラス粒子が反応し、生成した析出物により攪拌部の機械的特性が向上した。純Fe粒子を純Al中に分散させた場合は、Fe金属ガラス粒子を分散させた場合と異なり、接合速度が400, 100, 25mm/minと減少し、入熱量が増えていくにつれて硬さが増加した。また、パス数を増加させると硬さが増加した。これはAl-Fe系では平衡状態でAl中へのFeの固溶度はほとんどないにもかかわらず、Fe粒子がいったんAl基地中に固溶し析出物Al₁₃Fe₄が析出することによって強化されたためである。

第7章では、本研究で得られた主な結果について総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文では、次世代材料として注目されている金属ガラスに対して、摩擦攪拌接合法を用いて安定的に接合する手法を確立することを目的とし、Zr基金属ガラス同士の接合、純Al/Zr基金属ガラス及び純銅/Zr基金属ガラスの異種材料の接合に取り組むとともに、純Al基材中に純Fe基金属ガラスや純Fe粒子を分散させた金属基複合材料の製作を行った。また、それぞれのプロセス中における冶金的な現象を解明し、得られた継手および複合材料の特性との関係について明らかにしている。主な結果を要約すると以下の通りである。

- (1) Zr基金属ガラス同士の接合に関しては、温度をガラス転移温度以上結晶化温度以下に制御しながら接合を行うことにより、良好な継手を得る手法を確立した。通常より大きいショルダ径のツールを用いることでバリの発生を抑制するとともに、ショルダのへこみ角度を 10° から 3° へ小さくし、過剰な熱の発生を抑制することによって、Zr₅₅Cu₃₀Al₁₀Ni₅金属ガラス同士を接合することを可能にした。また、XRD, DSC, TEM及び温度測定のいずれの結果からも、過冷却液体の温度領域で接合したことが示唆された。
- (2) 金属ガラスを前進側に、結晶金属(純Alまたは純銅)を後退側に固定して、プローブを結晶金属側に挿入する手法を確立することで、金属ガラスが結晶化されず、欠陥のない良好な接合を可能にした。最適条件においては、純Alと接合した場合、純Al母材と比較して91%、純銅と接合した場合、純銅母材と比較して95%の引張強度が得られた。また条件によっては、接合界面で砕かれた金属ガラス粒子がAl側に混入することでピン止め効果が発現し、Alの結晶粒成長を抑制できることを明らかにした。純銅側の攪拌部では動的再結晶に起因する等軸粒が観察され、金属ガラスと純銅の界面の近くでは、伸長粒と細長い金属ガラスの層からなる特有の組織で構成されることを明確にした。
- (3) 摩擦攪拌プロセスを用いて、純Al中にFe基金属ガラス粒子や純Fe粒子を分散させ、部分複合化することが可能であることを示した。Fe基金属ガラス粒子を純Al中に分散させた場合は、結晶粒の粗大化の抑制効果はあるものの機械的特性に及ぼす影響は小さいことを明確にした。一方、純Fe粒子を純Al中に分散させた場合は、Fe基金属ガラス粒子を分散させた場合と異なり、入熱量やパス数を増加させるにつれて硬さが増加した。Al-Fe系では平衡状態でAl中へのFeの固溶度はほとんどないにもかかわらず、Fe粒子がいったんAl基地中に固溶し、Al₁₃Fe₄が析出することによって強化されることを明らかにした。

以上のように、本論文は摩擦攪拌プロセスを用いた金属ガラスの接合及び部分複合化技術について、冶金学的観点から詳細に検討している。本研究で得られた内容は金属ガラスの活用範囲を拡大し、構造物として適用するための重要な知見を与えており、材料工学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。