

国士舘大学審査学位論文

「博士学位請求論文の内容の要旨及び審査結果の要旨」

「Creation of Innovative Functions for Zn-22Al

Superplastic Alloy through Friction Stir Processing」

(摩擦攪拌プロセスによる Zn-22Al 超塑性合金の革新的機能
の創成)

Hamed Mofidi Tabatabaei

氏 名 MOFIDI TABATABAEI HAMED

学位の種類 博士(工学)

報告番号 甲 第46号

学位授与年月日 平成30年3月20日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当

学位論文題目

Creation of Innovative Functions for Zn-22Al Superplastic Alloy through Friction Stir Processing

(摩擦攪拌プロセスによる Zn-22Al 超塑性合金の革新的機能の創成)

論文審査委員 (主査) 教授 西原 公

(副査) 教授 大橋 隆弘

(副査) 教授 岸本 健

(副査) 名誉教授 岡田 繁 (国士舘大学名誉教授)

博士論文

Creation of Innovative Functions for Zn-22Al Superplastic Alloy through Friction Stir Processing

(摩擦攪拌プロセスによる Zn-22Al 超塑性合金の革新的機能の創成)

氏名 MOFIDI TABATABAEI HAMED

学位論文要旨

研究科 工学
専攻名 応用システム工学
 博士課程

氏名 Hamed Mofidi Tabatabaei

1. 題目 (外国語の場合は、和訳を併記する)

Creation of Innovative Functions for Zn-22Al Superplastic Alloy through Friction Stir Processing
(摩擦攪拌プロセスによる Zn-22Al 超塑性合金の革新的機能の創成)

2. 要旨 (2000 字程度にまとめる)

This dissertation is a systematic study on the developments of innovative functions for Zn-22Al superplastic alloy through friction stir processing (FSP), which is a type of friction stir welding (FSW).

Superplastic materials are fine-grained polycrystalline solids that have recently gathered interest because of their excellent tensile elongation and behavior in superplastic forming (SPF) technology. SPF is a forming method that produces complex shaped parts in a single forming process. The grain size, which is one of the most important superplastic parameters, affects the strain rate and ductility in grain boundary sliding (GBS). In GBS, a smaller grain size leads to a larger grain boundary area that results in higher elongation and therefore more favorable superplastic behavior.

In the present study, we concentrated on Zn-22Al, a commercial superplastic alloy having a wide range of applications in different fields of studies. Zn-22Al has a seismic property, which makes it applicable in buildings for energy absorption during earthquakes. Zn-22Al is also used for electronic enclosures, cabinets and panels, business machine parts, and medical and other laboratory tools. Zn-22Al has the characteristic of reaching its highest superplasticity at a relevantly lower temperature comparing other conventional superplastic alloys and can be used for superplastic forming and diffusion bonding purposes. These characteristic of Zn-22Al makes it an excellent material for superplastic forming processes combined with diffusion bonding. However, applications of Zn-22Al receive some limitation especially in structural industries such as easily deformation under constant pressure due to its high strain rate sensitivity. Therefore, methods of improving mechanical properties of Zn-22Al, also developing new techniques for manufacturing new composites of this alloy would become essential. Since only a few studies have been published on the development of superplastic composite alloys based on Zn-22Al, in present study FSP is applied to Zn-22Al in a novel method and it is demonstrated that by controlling the process parameters of FSP tool, the superplastic phenomena temperature of Zn-22Al can be reached, therefore, by combining FSP and SPF/DB, new functional composites can be produced which would be difficult to produce by other conventional techniques. It is demonstrated that FSP can provide innovative

functions for the superplastic alloy, also improve the mechanical properties of the manufactured superplastic composite while still keeping the superplastic properties of the alloy. This can suggest new applications of this fabricated superplastic composite and have an impact in opening new possibilities in engineering fields.

The FSP technique, which is a relatively new processing method requiring fewer processing parameters, was used in the present study to refine the grain structure and improve the mechanical and superplastic properties of Zn-22Al. The results revealed FSP can achieve fine grains and improve the superplastic properties of Zn-22Al. In addition, FSP was used for a novel forming method, known as friction stir forming (FSF), to produce multi-functional superplastic composites. By using the FSF technique, perforated steel sheet was mechanically interlocked between Zn-22Al sheets to produce a superplastic damping sheet with outstanding damping capacity. Moreover, insulated copper wire was mechanically interlocked within Zn-22Al alloy to produce a multi-functional superplastic alloy with the ability to transfer information or energy. Finally, FSF can improve the mechanical properties of Zn-22Al superplastic alloy by interlocking the stainless steel strands within the alloy. Using the friction stir based technique can have a significant scientific impact on the production of functional composites with respect to both mechanical engineering and electrical engineering.

氏 名 MOFIDI TABATABAEI HAMED

学位の種類 博士(工学)

報告番号 甲 第46号

学位授与年月日 平成30年3月20日

学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当

学位論文題目

Creation of Innovative Functions for Zn-22Al Superplastic Alloy through
Friction Stir Processing

(摩擦攪拌プロセスによる Zn-22Al 超塑性合金の革新的機能の創成)

論文審査委員 (主査) 教授 西原 公

(副査) 教授 大橋 隆弘

(副査) 教授 岸本 健

(副査) 名誉教授 岡田 繁 (国士舘大学名誉教授)

博士論文

Creation of Innovative Functions for Zn-22Al Superplastic Alloy through
Friction Stir Processing

(摩擦攪拌プロセスによる Zn-22Al 超塑性合金の革新的機能の創成)

氏名 MOFIDI TABATABAEI HAMED

学位論文の審査結果の要旨

工学研究科博士課程

専攻名	応用システム工学専攻	学籍番号	11-DE004	氏名	MOFIDI TABATABAEI HAMED
-----	------------	------	----------	----	-------------------------

超塑性現象を発現する温度が最も低い材料として、Zn-22Al 合金が知られている。Zn-22Al 合金が超塑性現象を示す状態においては、変形能が非常に大きく、複雑形状の製品を従来よりも少ない工程で成形できる。しかしながら Zn-22Al 合金のひずみ速度依存性が大きいため、変形しやすく、産業におけるアプリケーションが少ない。そこで Zn-22Al 合金の機械的性質を向上させることや複合化することによってそれらの弱点を失くす必要性があるが、Zn-22Al 合金をベースとした超塑性複合材料の開発に関しての研究は極めて少ない。

そこで本研究においては近年注目されている摩擦攪拌プロセス (Friction Stir Processing : FSP) を用いた Zn-22Al 超塑性合金の革新的機能の創成を提案した。すなわち FSP 時の優れた流動性及び結晶粒微細化機能に着目し、Zn-22Al 超塑性合金の改質を図るとともに穴あき鋼板、絶縁された銅線、極細ステンレス繊維等との機械的接合の可能性を見出し、革新的な機能を有する超塑性複合材料を開発することに成功した。これにより Zn-22Al 合金のアプリケーション範囲を広げることが期待される。

本論文は下記に示す7つの章から構成されている。すなわち FSP による Zn-22Al 超塑性合金の組織制御及び微細化、摩擦攪拌成形 (Friction Stir Forming : FSF) による超塑性制振鋼板の試作、FSF による Zn-22Al 超塑性合金と絶縁被覆銅線、ステンレス鋼繊維との機械的接合及び超塑性複合機能材料の試作について説明している。

第1章においては本研究のモチベーションと研究方法に関係する摩擦攪拌プロセスと摩擦攪拌成形を説明している。

第2章においては本研究に関する他の研究者による報告が示され、特に、超塑性、結晶粒微細化技術および摩擦攪拌プロセスの応用の背景が広範囲にわたり示されている。さらに本研究との比較を行い、他の研究との違いや本研究の有利点と位置づけを明確にし、本研究の必要性が示されている。

第3章においては FSP を用いた Zn-22Al 超塑性合金の結晶粒微細化が示され、Zn-22Al 合金の機械的特性および超塑性特性に及ぼす FSP の影響が議論されている。

第4章においては FSF を用いた超塑性制振鋼板複合材を製造するための新規技術が提案されている。すなわち FSF 時のプロセスパラメータを制御することによってプロセス中に超塑性現象を発現させるとともに、穴あき鋼板を介し二枚の Zn-22Al 合金板を超塑性拡散接合させることが可能なことを示している。これによりダンピング性能の優れた超塑性複合合金の開発が可能となりまた同時に Zn-22Al の機械的性質も向上させることができることを示している。

第5章においては FSF を用いた Zn-22Al 超塑性合金と絶縁銅線の機械的接合が示されている。これにより多機能超塑性複合材の開発が可能とすなわち電気エネルギーの伝送、電気信号の伝送、ハーメチックシール技術への応用、さらに FSF のマイクロフォーミングアプリケーションの可能性が示されている。

第6章においては FSF による Zn-22Al 合金とマイクロサイズのステンレス鋼繊維の機械的接合

について示されている。ステンレス鋼繊維を埋め込むことによって材料の局部的強化による合金の機械的性質の向上が提案されている。

第7章では本研究の内容を要約し、全体を通した総括および今後の展望について記述している。

以上要するに、本論文は、近年注目されている摩擦攪拌プロセス（Friction Stir Processing：FSP）を用いた Zn-22Al 超塑性合金の革新的機能の創成を提案したものである。すなわち FSP 時の優れた流動性及び結晶粒微細化機能に着目し、代表的な微細結晶粒超塑性材料である Zn-22Al 超塑性合金の改質を図るとともに穴あき鋼板，絶縁された銅線，極細ステンレス繊維等との機械的接合の可能性を見出したことは全く新しい知見である

本論文の研究結果は、学問的のみならず加工分野に応用する際の基礎的指針を与えるものとして機械工学の発展に貢献すること大である。よって博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。