

Title	新規線形摩擦接合法による異材接合プロセスの開発
Author(s)	伊藤, 鉄朗
Citation	大阪大学, 2024, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/96069">https://hdl.handle.net/11094/96069</a>
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏 名 ( 伊 藤 鉄 朗 )

論文題名 新規線形摩擦接合法による異材接合プロセスの開発

## 論文内容の要旨

本研究では、マルチマテリアル化の実現に向けて、印加圧力による接合温度の制御が可能なLFWに着目し、LFWを応用した金属同士および金属材料と樹脂材料の高品質な継手を得るための異材接合プロセスの確立を試みた。

第1章では、マルチマテリアル化の観点から、Al合金と鉄鋼材料および樹脂材料と金属材料の異材接合の必要性を示し、従来接合法による異材接合における課題を述べた。加えてLFWプロセスについての基礎的情報および先行研究について解説し、異材LFWにおける現状の課題を挙げるとともに、本研究の目的について示した。

第2章では、LFWを応用した新たな異材接合プロセスとして、3種異材同時接合を可能とするセンタードライブ両面LFWおよびLFWによる熱伝導を利用する熱伝導型LFWを提案し、それぞれの接合原理について説明した。加えて、本研究のために設計、製作を行ったセンタードライブ両面LFW装置の概要を述べた。

第3章では、Al合金と鋼の異材接合の前段階として、製作した専用装置を用いてセンタードライブ両面LFWによるS45Cの同種接合を行い、高圧力を印加することによるA1点以下での低温接合を試みた。接合中、被接合材よりもセンター材の方が高温になることを明らかにするとともに、印加圧力300 MPa、周波数20 Hzの条件で接合部にマルテンサイト相を含まない健全な継手を得られ、A1点以下の低温接合に成功した。

第4章では、センタードライブ両面LFWによるAl合金A7075-T6と中炭素鋼S45Cの異材接合に取り組んだ。センター材として、A7075-T6とS45Cの両材料との間に材料強度が等しくなる温度が存在する純Niを選定し、低温でNiと強度が一致するA7075-T6側に高圧力、高温でNiと強度が一致するS45C側に低圧力を印加することで、3種異材同時接合を試みた。A7075-T6側の加圧開始を遅らせ、目標寄り代への到達時間を左右で一致させることにより、3種異材同時接合に成功した。その上でA7075-T6側の印加圧力をA7075-T6と純Niの強度の温度依存性の交点付近となる300 MPaに設定することで、接合欠陥のない健全な継手効率92 %の継手を得られた。A7075-T6 / NiおよびNi / S45C界面の拡散層や金属間化合物層の厚さが接合界面全体で一様であり、A7075-T6 / Ni界面の金属間化合物層は100 nm以下と非常に薄いことが明らかとなった。

第5章では、センター材としてSUS304を選定し、A7075-T6とSUS304、S45Cの3種異材同時接合を試みた。A7075-T6 / S45C側の接合において、強度の温度依存性のグラフにおいて両材料の交点付近となる印加圧力500 MPaの場合では両材料の変形が認められたが接合界面が形成されず、最も高い継手強度を示したのは印加圧力200 MPaの場合であった。接合温度が極めて低温となる場合には、新生面同士を当接させても接合界面を形成することができないことが明らかになった。印加圧力200 MPaの条件において接合中に印加圧力を増加させるアプセット圧力の手法を導入したところ、接合温度におけるSUS304の材料強度を上回るアプセット圧力450 MPaの条件において、SUS304の変形による界面の不純物排出効果が促進され、94 %の継手効率を得ることに成功した。

第6章では、LFWを応用した熱伝導型LFWによるCFRPと軽金属の異材接合に取り組んだ。初めにCFRPとA6061-T6の直接LFWを行い、界面温度をCFRPの融点まで昇温するのが困難であること、および接合界面の摩擦によってAl合金表面に施したシラノール基が剥離することが明らかとなり、従来のLFWによる接合が困難であることが示された。そこで、CFRPと金属材料を直接摩擦させず、LFWを熱源として熱伝導により接合を行う熱伝導型突き合せLFWを考案し、CFRPとA6061-T6の直接接合に成功した。さらに熱伝導型重ねLFWを考案し、接合面積を拡大による接合強度のさらなる向上を試みた。熱伝導型重ねLFWでは、印加圧力によって接合温度を樹脂マトリックスの融点と熱分解温度の間に制御してボイドの発生を抑制することに成功した。さらに、周波数を低く設定することで界面近傍の温度分布を最適化し、印加圧力100 MPa、周波数15 Hzで最大引張せん断荷重3.8 kNの高強度なCFRP/A6061-T6接合継手を得ることに成功した。

第7章は総括であり、本研究で得られた知見について総括した。

以上の結果から、新規線形摩擦接合法による異材接合プロセスが確立し、従来のLFWでは困難であった材料の組み合わせに対して接合が可能となり、マルチマテリアル化の新たな基盤を築くことに成功した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 伊 藤 鉄 朗 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	藤井 英俊
	副 査	教授	宇都宮 裕
	副 査	教授	平田 弘征

## 論文審査の結果の要旨

本研究では、マルチマテリアル化の実現に向けて、印加圧力による接合温度の制御が可能な線形摩擦接合(LFW)に着目し、LFWを応用した金属同士および金属材料と樹脂材料の高品質な継手を得るための異材接合プロセスの確立を試みている。本研究の成果を以下に総括する。

第1章では、マルチマテリアル化の観点から、Al合金と鉄鋼材料および樹脂材料と金属材料の異材接合の必要性を述べ、従来接合法による異材接合における課題を提示している。加えて、LFWプロセスについての基礎的情報および先行研究について解説し、異材LFWにおける現状の課題を挙げるとともに、本研究の目的について説明している。

第2章では、LFWを応用した新たな異材接合プロセスとして、3種異材同時接合を可能とするセンタードライブ両面LFWおよびLFWによる熱伝導を利用する熱伝導型LFWを提案し、それぞれの接合原理について説明している。加えて、本研究のために設計、製作を実施したセンタードライブ両面LFW装置の概要を述べている。

第3章では、Al合金と鋼の異材接合の前段階として、製作した専用装置を用いてセンタードライブ両面LFWによる中炭素鋼S45Cの同種接合を行い、高圧力を印加することによる $A_1$ 点以下の低温接合を試み、接合部にマルテンサイト相を含まない健全な継手を実現している。

第4章では、センタードライブ両面LFWによるAl合金A7075-T6とS45Cの異材接合に取り組んでいる。センター材として純Niを選定し、低温でNiと強度が一致するA7075-T6側に高圧力、高温でNiと強度が一致するS45C側に低圧力を印加することで、3種異材同時接合に成功している。

第5章では、センター材としてSUS304を選定し、A7075-T6とステンレス鋼SUS304、S45Cの3種異材同時接合を試みている。接合中に印加圧力を増加させるアプセット圧力を用いた手法を導入し、高印加圧力を負荷することで、SUS304の変形による界面の不純物排出効果を促進させることで、高い継手効率を誇る継手を実現している。

第6章では、LFWを応用した熱伝導型LFWによるCFRPと軽金属の異材接合に取り組んでいる。LFWを熱源とした熱伝導により接合を行う熱伝導型突き合せLFWを考案し、CFRPとA6061-T6の直接接合に成功している。さらに、熱伝導型重ねLFWを考案し、接合面積の拡大による接合強度のさらなる向上と印加圧力を用いた接合温度の制御によるボイドの発生の抑制を試み、高強度なCFRP/A6061-T6接合継手を得ることに成功している。

第7章では、本研究で得られた結果について総括している。

以上のように、本論文では新規線形摩擦接合による異材接合プロセスが確立され、従来の線形摩擦接合では困難であった材料の組み合わせに対して接合を可能とすることでマルチマテリアル化のさらなる基盤形成に貢献できおり、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。