

未来社会創造事業 探索加速型  
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域  
年次報告書(探索研究期間)

令和3年度 研究開発年次報告書
--------------------

令和元年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：藤井 英俊]

[国立大学法人大阪大学接合科学研究所・教授]

[研究開発課題名：難接合材料の逆活用した接合／分離統合技術の確立]

実施期間：令和3年4月1日～令和4年3月31日

## §1. 研究開発実施体制

### (1) 研究開発代表者グループ(大阪大学)

① 研究開発代表者: 藤井 英俊 (大阪大学接合科学研究所、教授)

#### ② 研究項目

- ・固相抵抗スポット接合技術の開発
- ・圧力制御 LFW による軽金属材料の接合技術の確立
- ・摩擦攪拌接合による難接合材料の接合技術の開発

### (2) 共同研究グループ a(群馬大学)

① 主たる共同研究者: 半谷 禎彦 (群馬大学大学院理工学府、教授)

#### ② 研究項目

- ・分離・解体のためのポーラス化手法の確立

### (3) 共同研究グループ b(大阪産業技術研究所)

① 主たる共同研究者: 長岡 亨 (大阪産業技術研究所、研究主任)

#### ② 研究項目

- ・金属/有機材料の摩擦攪拌接合技術の開発

### (4) 共同研究グループ c(大阪大学)

① 主たる共同研究者: 宮坂 史和 (大阪大学大学院工学研究科、准教授)

#### ② 研究項目

- ・粒子法連成解析を用いた圧力制御 LFW のプロセスモデルの構築

### (5) 共同研究グループ d(近畿大学)

① 主たる共同研究者: 仲井 正昭 (近畿大学理工学部機械工学科、教授)

#### ② 研究項目

- ・圧力制御 LFW 継手の組織解析

## §2. 研究開発成果の概要

難接合という理由で、これまで検討されてこなかった材料(埋もれた素材)や異種材料の組合せ(埋もれた組合せ)を活用できる低炭素社会を実現するために、いくつかの新規接合技術を開発した。一つ目は、摩擦熱を利用した圧力制御 LFW(線形摩擦接合)であり、二つ目は、電気発熱(ジュール熱)を利用した固相抵抗スポット接合技術である。前者に対しては、圧力制御 LFW により Ti-6Al-4V 合金や種々の Al 合金の継手を作製し、接合界面およびその近傍に形成した微細組織を観察・分析した。その結果、印加圧力に依存して接合時におけるせん断応力と加熱の状態が変化し、それらを反映した微細組織が形成することを明らかにした。後者に対しては、昨年までの技術を発展させ、板状の被接合材を固相のまま重ね接合できる「固相抵抗スポット接合技術」を開発した。板厚 1.6 mm の高炭素鋼(S45C)板材の A<sub>1</sub> 点以下で重ね接合に成功し、プラグ破断、

せん断引張強度は 14.9 kN を達成した。

摩擦攪拌接合(FSW)による難接合材の接合技術開発については、シランカップリング処理を行った A1050 あるいは Ti 板材と CFRP の重ね FSW 継手において、良好な継手が得られることを実証し、接合界面では主に摩擦熱と荷重によって接合がなされることを明らかとした。分離・解体のためのポーラス化手法の開発については、ADC12 ダイカスト板材と SS400 板の FSW を試み、発泡粒子を混入させることで、低荷重でかつ安定的に分離できることを明らかとした。

LFW プロセスモデルの開発では、数値解析技術による可視化と現象の解明を目的として、本年度は基礎モデルを確立した。その結果材料の往復振動により材料の塑性ひずみによる発熱軟化現象をモデル化することができた。

#### 【代表的な原著論文情報】

- ・J. W. Choi, W. Li, K. Ushioda and H. Fujii, “Flat hardness distribution in AA6061 joints by linear friction welding”, *Scientific Reports*, Vol. 11, (2021), 11756.
- ・H. H. Liu, T. Miyagaki, Y. Lim, M. Kamai and H. Fujii, “A novel pressure-controlled joule-heat forge welding method to fabricate sound carbon steel joints below the A1 point”, *Journal of Manufacturing Processes*, Vol. 68, (2021), 770-777.
- ・J.-W. Choi, Y. Aoki, K. Ushioda and H. Fujii, “Effect of the welding parameters on microstructure and mechanical properties of linear friction welded Ti-6Al-4V alloy”, *Journal of Manufacturing Processes*, Vol. 75, (2021), 651-663.