

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
終了報告書（探索研究）

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]

[所属: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:令和元年 11 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

§1. 研究実施体制

(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(CSJ: cold spot joining)技術、圧力制御通電圧接技術の開発
 - ・圧力制御線形摩擦接合(LFW: linear friction welding)による高炭素鋼、軽金属材料の接合技術の確立
 - ・軽金属材料圧力制御 LFW 継手の実証試験および圧力制御 LFW 技術による熱影響部(HAZ)軟化抑制技術の確立
 - ・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
 - ・軽金属材料圧力制御 LFW 継手の組織解析、実証試験

§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、電気抵抗発熱(ジュール熱)を利用し、平板の重ね接合が可能となる固相抵抗スポット接合(CSJ)技術である。二つ目は、電気抵抗発熱を利用し、丸棒の突き合せ接合が可能となる圧力制御通電圧接技術である。そして、三つ目は、摩擦熱を利用した圧力制御線形摩擦接合(LFW)である。それぞれ 0.45%C の炭素鋼を用いて接合実験を実施し、圧力制御により界面温度と界面組織を均一に制御できる A_1 点以下での無変態接合に成功した。CSJ に関しては、鋼板/アルミニウム合金などの異種材料の接合にも成功するとともに、企業と連携して試作機を開発後、製品のプレスリリースを行った。圧力制御 LFW では、共同研究グループ d とともに、Ti-6Al-4V 合金継手の Cold Dwell 疲労特性が母材と変わらないこと、アルミニウム合金継手においても軟化部・硬化部がないフラットな硬さの接合部が得られること、Ti-6Al-4V 合金と SUS316L の異種材料継手で SUS316L の母材から破断することをそれぞれ世界で初めて示した。

加えて、共同研究グループ b とともに従来接合が困難とされる有機材料と金属との摩擦攪拌接合(FSW)に取り組み、アルミニウム合金とガラスエポキシ、Ti 合金と CFRP の FSW に成功した。分離・解体のためのポーラス化手法については、共同研究グループ a とともに廃棄時のリサイクルなどに役立つ接合部のポーラス化による

易分離技術を開発し、接合面に直接発泡剤を添加する手法を構築した。さらに、老朽化した社会インフラの補修を念頭に、高硫黄(S)量を含有する鋼材に対して FSW を実施し、割れを生じず、良好な接合部が得ることを示した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) J.-W. Choi, Y. Aoki, K. Ushioda and H. Fujii, “Linear Friction Welding of Ti-6Al-4V Alloy Fabricated below β -Phase Transformation Temperature”, *Scripta Materialia*, Vol.191, (2021), 12-16.
- 2) 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.
- 3) Y. Lim, Y. Morisada, H. Liu and H. Fujii, “Ti-6Al-4V/SUS316L dissimilar joints with ultrahigh joint efficiency fabricated by a novel pressure-controlled joule heat forge welding method”, *Journal of Materials Processing Tech.*, Vol.298, (2021), 117283.