



Title	複動式摩擦攪拌点接合を用いたアルミニウム合金と鋼の異種金属接合法の開発
Author(s)	武岡, 正樹
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/88048
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (武岡 正樹)

論文題名 複動式摩擦攪拌点接合を用いたアルミニウム合金と鋼の異種金属接合法の開発

論文内容の要旨

本論文では、摩擦攪拌点接合 (Friction spot welding : FSSW) に注目し、下板へのツール接触そして複動式プロセスによる材料埋戻しを組み合わせた新たな異種金属接合法として “Scrubbing Refill FSSW (Sc-RFSSW)” を開発した。当手法は自動車組立ラインでの適用を想定し、短時間で高い界面清浄化効果を得ることを開発コンセプトとした。本論文ではアルミニウム合金/軟鋼の接合、アルミニウム合金/超高張力鋼の接合、アルミニウム合金/亜鉛めっき鋼の接合を同一の手法で接合できることを目的に設定しており、さらに安定的な接合を実現するために強度発現メカニズムを明らかにすることを目的とした。

本論文は全7章から構成され、各章の主な内容は以下のとおりである。

第1章は緒言であり、研究背景から求められる技術要素をまとめ、新規異種金属接合法の開発コンセプトと本研究における目的を述べた。

第2章ではアルミニウム合金と軟鋼板のSc-RFSSW継手を作製し、FSSWやRefill FSSW従来法との継手強度特性を比較することで基本的な機械的特性を評価するとともに、作製した継手の異種金属界面の冶金的接合状況について明確化した。

第3章ではアルミニウム合金と超高張力鋼板の接合を実施し、アルミニウム合金/超高張力鋼継手の静的強度を評価した。さらにSc-RFSSWにおける鋼板の新生面形成メカニズムを明らかにし、鋼板新生面と継手強度特性との関係性を明確化した。

第4章ではSc-RFSSWにおける微細な異種金属界面を分析し、その分布を明らかにした。接合部の詳細な観察を実施することで、Sc-RFSSW 継手の強度発現メカニズムを明らかにした。特に界面強度を評価するために微小引張試験を実施しており、マイクロ強度とマクロ強度の関係性を明らかにした。

第5章ではアルミニウム合金と亜鉛めっき鋼の接合を実施し、アルミニウム合金/溶融亜鉛めっき (GI) 鋼継手の強度特性ならびにめっきの排出特性を明らかにした。ツール保持時間とめっき排出の関係性を明確化し、加えてツール先端にテーパ形状を設けることでめっき排出性が改善可能なことを明らかにした。

第6章ではSc-RFSSWのウェルドボンド工法の実施可否を評価することで、自動車車体への適用可能性を示した。ウェルドボンド工法の適用可能性を検討するうえで板間に接着剤を挟んだ際の接合部強度、接着剤を含むウェルドボンド継手全体の強度を評価しており、いずれも継手強度低下が生じないことを明らかにした。さらにSc-RFSSWにおける接着剤の排出メカニズムを明らかにした。阻害層としての接着剤が存在してもSc-RFSSW接合部が冶金的に接合されていることを明確化した。さらに接合部周囲には接着剤が残留していることを示し、異種金属接触部の防水は担保されることを明らかにした。

最後に第7章は総括であり、本研究で得られた成果をまとめた。Sc-RFSSWを用いることでアルミニウム合金/軟鋼継手、アルミニウム合金/超高張力鋼継手、アルミニウム合金/亜鉛めっき鋼継手を接合でき、さらにSc-RFSSW 継手の強度発現メカニズムを明らかにしたことから、Sc-RFSSWがアルミニウム合金の外板と骨格部材の接合で生じる板組を網羅的に接合できる手法であると結論付けた。

以上

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (武岡 正樹)	
論文審査担当者	(職) 氏 名
	主 査 教授 廣瀬 明夫
	副 査 教授 藤井 英俊
	副 査 教授 大畑 充
副 査 准教授 小椋 智	
論文審査の結果の要旨	
<p>摩擦攪拌点接合 (FSSW) は溶融凝固が生じない固相接合法の一つであり、有力な異種金属接合法として自動車産業から注目されている。特に溶融溶接において脆化層が多量に形成されるアルミニウム合金/鋼の接合では有効な手法である。しかしながら従来の FSSW によるアルミニウム合金/鋼の接合は鋼板の表面状態の影響を受けやすく、広範な板組を安定的に接合することが困難なことが知られている。そこで本論文はマルチマテリアル自動車のアルミニウム合金外板と鋼骨格部材との接合で生じる板組を網羅的に接合可能な手法の開発を目的としている。ここでは接合ツールと鋼板の接触による積極的な新生面形成をコンセプトにした異種金属接合法“Scrubbing Refill FSSW (Sc-RFSSW)”を開発し、鋼板表面めっきの有無、鋼板の強度区分、板間の接着剤塗布の有無にかかわらず優れた継手特性が得られることを明らかにしている。さらに微小引張試験から Sc-RFSSW の強度発現メカニズムを明らかにしている。得られた知見の詳細は以下のとおりである。</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. 従来 FSSW と本論文で開発した Sc-RFSSW の比較から、Sc-RFSSW が優れた継手特性を短時間で得られる手法であることを示している。特に従来 FSSW では接合が困難であったアルミニウム合金/非めっき超高張力鋼の接合において高い継手強度が得られることを明らかにしている。加えて、実験計画法を用いることで Sc-RFSSW におけるプロセスパラメータと継手強度の関係を明らかにしている。 2. 鋼板表面におけるツール保持時間あるいは接合ツール先端にテーパ形状を設けることで、アルミニウム合金/亜鉛めっき鋼の接合や板間に接合阻害層として接着剤を塗布した場合においても、アルミニウム合金/非めっき鋼と同等の継手強度が得られることを明らかにしている。したがって Sc-RFSSW は鋼板の表面状態の影響が小さい手法であることを示している。 3. 微小引張試験より Sc-RFSSW 継手の界面強度分布の取得に成功しており、界面強度分布が Sc-RFSSW 継手の十字引張強度に及ぼす影響を明らかにしている。さらに十字引張破面の A1 面積率と、微小引張試験強度ならびに微小引張破面の A1 面積率の間に相関があることを示している。微小引張試験による界面強度の取得は容易でないため、A1 面積率を代替指標として扱えることは簡便に界面強度を得る手法として有用であると言える。 4. アルミニウム合金/非めっき軟鋼の Sc-RFSSW 継手において、接合界面に厚さ 4~6 nm 程度の薄いアモルファス層が形成されることを示しており、これはアルミニウム合金/鋼の理想的な異種金属界面の一つであると言える。さらにアルミニウム合金/非めっき超高張力鋼継手やアルミニウム合金/亜鉛めっき鋼継手の接合界面に数百 nm 程度の金属間化合物が形成されていることを明らかにしている。いずれも高い継手強度が見込まれる異種金属界面であり、冶金的分析からも Sc-RFSSW が有効なアルミニウム合金/鋼接合手法であると言える。 	
<p>以上のように、本論文はアルミニウム合金/鋼の新たな異種金属接合法を提案し、アルミニウム合金と種々の鋼を接合した継手の強度評価ならびに冶金分析を通じて、アルミニウム合金外板と鋼骨格部材との接合において高い継手特</p>	

性が得られる手法であることを実証している。同一の接合手法で広範な板組を接合可能な手法はマルチマテリアル自動車の普及促進につながる有用な手法であると言え、その成果は重要である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。