



Title	Application of Friction Stir Welding to Lap Joint of Aluminum to Dissimilar Metals
Author(s)	Ahmed, Abdel-Monem Ahmed Elrefaey
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45806
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	アハメド アブデル モネム アハメド エル レファエイ Ahmed Abdel-Monem Ahmed Elrefaey
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 19499 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 17 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科生産科学専攻
学 位 論 文 名	Application of Friction Stir Welding to Lap Joint of Aluminum to Dissimilar Metals (アルミニウムと異材との重ね継手への摩擦攪拌接合の適用)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 池内 建二 (副査) 教 授 奈賀 正明 教 授 中田 一博 助教授 才田 一幸

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、摩擦攪拌接合を異種材料間の重ね継手に適用し、接合強度に及ぼす各種接合パラメータの影響を金属組織学的に検討したもので、強度の支配因子およびその改善指針を明らかにすることによって、まだ報告例のほとんど見られないこの継手形式への本法の適用の可能性を開こうとした。本論文は以下の 6 章で構成された。

第 1 章では、異材接合の重要性と問題点、摩擦攪拌接合の適用および研究の現状を概観し、これに基づき本研究の背景および目的を述べた。

第 2 章では、本研究を通じて用いた実験方法および供試材をまとめて述べた。本研究で用いた供試材の一方は工業用純アルミニウム板で、他方は低炭素鋼板、亜鉛引き鋼板、あるいはタフピッチ銅板である。接合に当たっては、アルミニウム表面側から回転工具を侵入させ、鋼あるいは銅との摩擦による回転工具への負荷を軽減させた。

第 3 章では、工業用純アルミニウム板と低炭素鋼板との重ね継手に摩擦攪拌接合を適用した結果を述べた。接合結果は、回転工具のピン先端の位置によって顕著な影響を受け、ピン先端を接合界面から 0.1 mm 鋼板側に侵入させた場合に高い接合強度が得られることを示した。金属組織については、回転工具による攪拌効果を受けたアルミニウム中に微細な等軸晶から成る領域が形成され、また鋼板中にも等軸微細粒領域が観察された。より接合界面の近傍には、非常に複雑な形態の組織が形成されたが、中でも Al-Fe 系化合物と鋼から成る層状組織が最も硬く脆弱で、ピール試験時の破断はこの組織を主に通って生じること、すなわちこれが接合強度の支配因子の一つであることを明らかにした。

第 4 章では、熔融溶接の適用の困難な亜鉛引き鋼板に、アルミニウム板を摩擦攪拌接合しようとした。亜鉛引き鋼板との接合部にも、第 3 章に述べた低炭素鋼板との場合と同様の組織が観察されたが、Al-Fe 系化合物と鋼とから成る脆弱な層状組織の形成量が少なくなり、接合強度の向上が認められた。ピン先端位置に対する接合強度の依存性も少なくなった。このような亜鉛の効果について、Al-Zn 系および Al-Fe 系状態図に基づく説明を試みた。

第 5 章では、アルミニウムと銅板との接合の結果を述べた。この組合せの場合、アルミニウムと銅板との場合と比べて、接合界面領域にはさらに複雑な組織が形成されたが、Al と Cu との組成比によって 3 種類に分類されることを示し、各々に含まれる化合物を同定した。これらの中で主に灰色および層状組織に沿って継手は破断し、脆性的な破

面形態を呈することから、これらが強度の支配組織であると結論した。この組織の形成量が多いため、アルミニウムと銅板との継手は銅板との継手よりさらに低強度で破断した。このため、第4章の結果を参考に亜鉛箔を中間層として用い、接合強度の向上を試みた。その結果、亜鉛の中間層の効果によって、接合界面近傍の組織中における Al-Cu 系化合物の形成が抑えられ、Al-Zn 系合金主体の組織に置き換えられることにより、接合強度の著しい向上がもたらされることが分かった。

第6章においては、第1～5章の結果をまとめ、総括した。

論文審査の結果の要旨

本研究は、摩擦攪拌接合を異種材料間の重ね継手に適用し、接合強度を支配する金属組織学的因子の解明とその改善策の提案・実証により、まだ報告例のほとんどないこの継手形式への本法の適用の可能性を開こうとするものである。

まず、工業用純アルミニウム板と低炭素鋼板との重ね継手に摩擦攪拌接合を適用し、回転工具をアルミニウム側から挿入することにより工具の著しい消耗が抑えられること、接合結果は回転工具のピン先端の位置によって顕著な影響を受けることを示し、接合界面から銅板側に深さ 0.1 mm を最適位置と定めている。光学顕微鏡および走査電子顕微鏡観察により、この条件で得られた接合部組織の特徴づけを行い、アルミニウムおよび銅板のそれぞれのバルク中には等軸微細粒組織、また接合界面の近傍には Al-Fe 系化合物と鋼とから成る層状組織を見出している。これらの中で、層状組織が最も硬く脆弱で、強度試験時の破断は主にこの組織中で生じることを明らかにし、これが接合強度の支配組織の一つで、この形成量を抑えることにより接合強さが改善されると結論している。

銅板表面の披覆層が接合結果に及ぼす影響を調べるため、亜鉛引き銅板とアルミニウム板との摩擦攪拌接合を行い、この接合部にも、上記の低炭素鋼の場合と同様の組織が観察されるが、脆弱な層状組織の形成量が少なくなり、接合強度が向上するとの結果を得ている。またピン先端位置に対する接合強度の依存性も少なくなっている。このような亜鉛被覆層の効果について、Al-Zn-Fe 系状態図に基づき説明を与えている。

さらにアルミニウムと銅板との接合も行い、銅板の場合と比べて、接合界面領域にはより複雑な組織が形成され、Al と Cu との組成比によって3種類に分類されること、これらの中で Cu 含有量 50%以上の化合物を含む灰色および層状組織が強度の支配組織で、この組織の形成量が多いため、アルミニウムと銅板との継手は銅板との継手よりさらに低強度であると結論している。このため、上記の亜鉛引き銅板の結果を参考として亜鉛箔を中間層として用いることにより、接合界面領域における Al-Cu 系化合物の形成量の抑制と、接合強度の著しい向上を達成している。

以上のように、本論文は、摩擦攪拌接合による異種金属間の重ね継手に関して、接合部の金属組織の詳細な観察を行い、接合強さの支配組織の同定と、その制御による接合強さの改善を達成している。この成果は、摩擦攪拌接合の異種金属間接合法としての新しい可能性を拓くもので、基礎および応用の両面わたって工学的に寄与するところ大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。