The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	プローブなしツールによる摩擦攪拌接合法の開発と薄板重ね継手の強度支配因子の検討
Author(s)	青田, 欣也
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49505
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

【61】

氏　　名	青（あお）　田（た）　欣（きん）　也（や）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　２２９５２　号
学位授与年月日	平成21年３月24日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科マテリアル生産科学専攻
学　位　論　文　名	**プローブなしツールによる摩擦攪拌接合法の開発と薄板重ね継手の強度支配因子の検討**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　池内　建二 （副査） 教　授　中田　一博　　教　授　高橋　康夫　　准教授　柴柳　敏哉 准教授　藤井　英俊

論　文　内　容　の　要　旨

本研究は、プローブのないツールによる摩擦攪拌接合における接合プロセスの開発と薄板重ね継手の強度支配因子に関して検討した．接合対象としては工業製品に広く用いられているアルミニウムと炭素鋼を取り上げた．これらの材料でスポット接合と重ね接合を行い、接合可能の可能性について検討した．次に、得られた継手に対して接合条件と接合強度との相関を明らかにするとともに、接合強度の支配要因について検討した．本論文は以下の6章で構成された．

第1章は緒論であり、プローブありツールによる摩擦攪拌接合に関する従来の報告、プローブなしツールを用いた摩擦攪拌接合の特徴と本研究の必要性および目的について述べた．

第2章においてはアルミニウムどうしのスポット摩擦攪拌接合を試み、接合が可能であることを確認した．接合部の組織より、接合可能な条件ではすべて攪拌効果が接合界面まで達しており、接合界面が消失することがわかった．引張せん断試験において、ツール径が大きくなると接合面積が増加して、プラグ径も大きくなるため、破断荷重が増加することがわかった．ツール深さの増加は破断荷重に影響しなかった．この理由はツール深さの増加により接合面積は増加してプラグ径は増加するが、攪拌部の残厚の減少により相殺されるためと考えられた．

第3章においては炭素鋼どうしのスポット摩擦攪拌接合を試み、アルミニウムより高融点の炭素鋼でも、接合が可能であることを確認した．引張せん断試験において、ツール深さの増加もしくは保持時間の増加により界面破断からプラグ破断に変化した．接合界面では巨視的な攪拌は生じておらず、拡散接合と類似の機構で接合していると考えられた．

第4章においてはアルミニウムと炭素鋼の異材スポット摩擦攪拌接合を行った．異材においても接合可能であることを確認した．引張せん断試験において、ツール深さの増加もしくは保持時間の増加により界面破断からプラグ破断に変化した．界面破断での破断位置は界面近傍のアルミニウム中で破断し、プラグ破断ではアルミニウムの外周側の攪拌部で破断した．いずれの破断形態でも接合界面に生成する脆い金属間化合物の形成による破断荷重の低下は認められなかった．

第5章においてはアルミニウムどうしの重ね接合を試みた．先端が球面形状のツールを新たに開発した．このツールによりアルミニウムを重ねてツールを回転させながら接合方向に移動することにより接合した．接合部の表面がほとんど平坦な接合継手が得られることを確認できた．引張せん断試験の破断位置および破断荷重は、破断位置における部材の軟化と、攪拌による上板の板厚の変化、および攪拌作用による未接合界面の移動により計算で予測できることがわかった．

第6章では、第1～5章までの結果をまとめ総括した．

論　文　審　査　の　結　果　の　要　旨

摩擦攪拌接合において用いられる攪拌工具には，ショルダー部の回転中心にプローブと呼ばれる突起部が必要不可欠とされている．しかし，このプローブのために，接合線終端にその痕跡である穴が残り，またその消耗が工具寿命を左右するという課題が生じる．本研究は，このプローブの無い工具で接合可能な手法を開発し，これらの課題の解決を図ると同時に，従来の摩擦攪拌接合法が不得手としてきた薄板への適用の可能性をも開こうとするもので，このためにプローブ無し工具での接合の可能な条件範囲の探索，接合過程の解明，および継手部強度の支配因子の把握を行っている．接合対象としては，摩擦攪拌接合法が最も広範に適用されている工業材料のアルミニウム，および工具消耗が激しいために適用が進まない炭素鋼の薄板を取り上げている．

まず，プローブ無し工具による摩擦攪拌接合の可能性を調べるために，接合条件を広い範囲で変化させて，アルミニウム薄板どうしの重ねスポット接合を試み、実用的に十分な広さの条件範囲で，接合が可能であることを見出している．接合可能な条件範囲では，工具による攪拌効果が接合界面に達していることを組織観察により明らかにし、攪拌効果がアルミニウムの接合には不可欠であることを指摘している．接合界面に十分な攪拌効果が与えられた継手は，引張せん断試験においてプラグ破断を示し、破断荷重はプラグ径と攪拌部周辺の残厚で支配され，前者の増加につながる工具径の拡大が破断荷重の向上に有効であるとの結論を得て，継手の耐荷重向上の指針を提示している．

炭素鋼どうしの重ねスポット摩擦攪拌接合についても，プローブなし工具による接合が可能で，その条件範囲は実用的に十分な広さを持つことを示している．ただし炭素鋼の場合は，攪拌領域が必ずしも接合界面に達していなくても接合が可能であり，拡散接合と類似の接合機構が重要であること，またアルミニウムの接合機構との差異は酸化皮膜の性質の相違によることを示唆している．実用に耐え得る寿命の炭素鋼用工具の開発にも成功している．

アルミニウムと炭素鋼との異材スポット摩擦攪拌接合も同様にプローブなし工具で可能であることを示し，引張せん断試験においてプラグ破断する継手を得ている．接合界面には，脆いFe-Al系金属間化合物の形成が認められるが，これに起因する引張せん断破断荷重の低下は生じず，実用上問題のない形成量の範囲に抑えられている．

さらに重ねシーム接合も試み，先端が球面形状の工具を用いることにより，アルミニウムの薄板どうしを，板表面の平坦度をほとんど損なうことなく接合することに成功している．継手の引張せん断試験時の破断位置および破断荷重を、熱影響による軟化と、工具の圧入による接合部の板厚の変化を考慮することにより定量的に予測し，接合条件の選定指針を与えている．

以上のように、本論文はプローブ無し工具による摩擦攪拌接合の開発を試み，重ねスポットおよびシーム接合に初めて成功すると共に，従来，本接合法が困難とされてきた鉄鋼材料や，また他の接合法も含めても難しいとされてきた異材の接合も達成している．さらに接合機構の提案，および接合条件の選定指針の提示など，本接合法についての基礎的な知見も得ており，本論文の学術および技術的な寄与は多大である．

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。