The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	アルミニウム合金薄板の交流パルスミグ溶接プロセスに関する研究
Author(s)	仝, 紅軍
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/44560
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

【89】

氏　　名	仝（トン）　紅（ホン）　軍（ジュン）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　１８２４６　号
学位授与年月日	平成 16 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第４条第２項該当
学　位　論　文　名	**アルミニウム合金薄板の交流パルスミグ溶接プロセスに関する研究**
論文審査委員	（主査） 教　授　牛尾　誠夫 （副査） 教　授　中田　一博　　教　授　豊田　政男　　助教授　平田　好則

論文内容の要旨

本論文は、交流パルスミグアークの安定化制御方法、アークプラズマからワイヤ電極および母材電極への熱輸送制御、ワイヤの溶融現象、母材への溶融金属輸送制御、ビード形成現象などに着目し、アルミニウム合金薄板の溶接ヒュームの少ない、高品質、高生産性の接合について論じたものであり、全体を７章で構成している。

第１章は緒論であり、本研究の背景と目的、ならびに本研究に関係する研究の現状と問題点を述べている。

第２章では、陰極降下電圧の大きな変動と溶接電源の定電圧外部特性がアーク不安定の要因であることを明らかにし、アーク長情報電圧の正確な抽出方法とパルス外部特性制御アルゴリズムを検討してアークの安定性と追従性の両立を実現している。また、微小スパッタの発生現象を明らかにし、電流波形制御により微小スパッタの発生問題を解決している。

第３章では、アルミニウム合金の直流パルスミグ溶接におけるヒューム発生が、溶滴の過熱によるマグネシウムの蒸発、マグネシウム蒸気気泡の爆発にともなう微細なアルミニウムスパッタの飛散に起因することを明らかにし、交流パルスミグ溶接による溶滴の保有熱量の低減によりヒュームの発生量を大幅に低減している。

第４章では、EN（ワイヤ電極マイナス）極性比率が高いほど、アークプラズマからワイヤ電極への熱輸送量の割合が大きくなり、その熱がワイヤの溶融に有効に使われてワイヤ溶融係数は大きくなることを明らかにしている。母材への熱輸送および溶融金属輸送との関わりを明らかにし、溶着金属量の確保によるギャップ裕度拡大と入熱抑制による溶け落ち防止の両立を実現している。これらの結果を踏まえて、アルミニウム合金薄板の接合における交流パルスミグ溶接の優位性および条件設定指針を明らかにしている。

第５章では、知能化溶接ロボットシステムを開発し、三次元レーザセンサによって検出された溶接線情報およびギャップ幅情報に基づいて倣いと溶接条件の適応制御を行い、薄板溶接構造物の変形によるワイヤ狙いずれやギャップ幅変動にともなう品質不安定の問題を解決している。

第６章では、アルミニウム合金薄板の高速溶接において、交流パルスミグ溶接の広いギャップ裕度の特徴を生かしながらその入熱不足分をレーザで補うことにより、両熱源の組み合わせが合理的であることを明らかにし、ダイオードレーザ支援交流パルスミグ溶接プロセスを提案している。

第７章は総括であり、本研究で得られた結果について総括している。

論文審査の結果の要旨

地球温暖化の対策として輸送機器の軽量化によるエネルギー消費量の削減が注目を集めており、アルミニウム合金薄板の使用は益々多くなっている。溶接技術が車体の製作に基本的な役割を演じることから、量産化に適したアルミニウム合金薄板の接合技術の確立が極めて重要となる。

本論文は、アルミニウム合金薄板の溶接ヒュームの少ない、高品質、高生産性の接合方法の確立を目的としたものであり、交流パルスミグ溶接プロセスに着目している。アーク現象の観察、溶滴および母材への入熱測定、溶接ヒューム微粒子の観察と成分同定、ビード形成現象の解析、溶接熱源の複合などを行うことにより、アークの安定化制御方法、微小スパッタや溶接ヒュームの抑制機構、継手への熱輸送および溶融金属輸送制御機構、ビード形成現象や溶接条件設定の指針、ギャップ裕度や狙いずれ裕度の拡大、溶接品質と生産性の向上などに関していくつかの新しい知見を得ている。本論文の成果を要約すると次の通りである。

(1) アルミニウム合金の交流および直流パルスミグ溶接では、短絡解除直後および EN 極性へ切り換えた直後に、陰極点が酸化物の少ない溶融池表面中央部あるいはワイヤ先端の残留溶融金属表面に形成されれば、陰極降下電圧が大きいためアーク電圧が 10 V 以上高くなることを明らかにしている。さらに、デジタルフィルターを開発して陰極降下電圧の変化を除去した上アーク長情報電圧を抽出することにより、アーク長制御系の誤動作を無くしてアークの安定性を向上している。

(2) 溶融池周辺における陰極点の分布範囲変化にともなう見かけのアーク長変化が定電圧の溶接電源外部特性に関係することに着目し、各パルス周期の平均アーク電圧と平均電流からなるパルス外部特性制御アルゴリズムを開発し、パルス外部特性の傾きを適正に制御することにより、アークの安定性を一層向上している。また、現パルス周期の長さは当該パルス周期のアーク長情報電圧にのみ依存するので、アークの追従性も改善されている。さらに、2つのパルス外部特性を設定し低周波に応じて切り換えることにより、低周波変調交流パルスミグ溶接プロセスを開発し、溶接が難しいアルミニウム合金自動車部品の生産に応用して成功している。

(3) 溶滴が離脱した直後にワイヤ先端の残留溶融金属が尖った円錐状になり、この時 EN 極性へ切り換えれば陰極点が残留溶融金属の表面に形成されて陰極領域から激しく金属蒸気が放出され、残留溶融金属の一部は蒸発の反発力を受けて砕け散り、アークから飛び出して微小なスパッタとなることを明らかにしている。さらに、電流波形制御によりワイヤ先端の残留溶融金属が半球状になってから EN 極性への切り換えを行い、微小スパッタの発生を有効に抑制できることを示している。

(4) Al-Mg 合金の直流パルスミグ溶接では、溶滴の保有熱量が多く局所過熱も大きいため、溶滴における Mg の蒸発が激しく、溶滴の爆発が頻繁に発生し、爆発の規模も大きい。その結果、アークから Mg の金属蒸気や Al の微細スパッタが大量に放出されて酸化されるので、溶接ヒューム発生量が非常に多くなることを明らかにしている。さらに、交流パルスミグ溶接では、EN 極性期間にワイヤ先端における陰極点の分布範囲が広く、溶滴の保有熱量が少なく局所過熱も少ないため、Mg の蒸発や蒸発による溶滴の爆発が少なく、溶接ヒュームの発生を効果的に抑制できることを示している。

(5) 交流パルスミグ溶接の EN 極性比率によりアークプラズマから母材とワイヤへの2つの熱輸送経路における熱輸送量の割合を制御でき、同一溶接電流において EN 極性比率が高いほどワイヤへの熱輸送量が多くなり、その熱量がワイヤの溶融に有効に使われるためワイヤの溶融速度は速くなることを明らかにしている。さらに、ワイヤへの熱輸送量が溶滴移行にともなって母材に入り、同一溶接電流において EN 極性比率が大きく変化しても母材入熱はほぼ一定であるため、EN 極性比率調整により母材への入熱量を変えずに溶着金属量を制御でき、ギャップ裕度確保と溶け落ち防止が両立できることを明らかにしている。そして、交流パルスミグ溶接のビード形成現象を解析して、アルミニウム合金薄板の接合における交流パルスミグ溶接の優位性を示している。これらの結果を踏まえて、交流パルスミグ溶接の条件設定の指針を与えている。

(6) 知能化溶接ロボットシステムを開発し、三次元レーザセンサによって溶接線情報およびギャップ幅情報を検出

し、溶接線情報に基づいて溶接トーチの姿勢およびアーク経路を適応制御するとともに、継手ギャップ幅に応じてEN極性比率を始めとする溶接条件の適応制御を行い、薄板溶接構造物の変形によるワイヤ狙いずれやギャップ幅変動にともなう品質不安定問題を解決できることを示している。

(7) アルミニウム合金薄板の高速溶接において、交流パルスミグ溶接の広いギャップ裕度の特徴を生かしながらその入熱不足分をレーザで補うことにより、両熱源の組み合わせが合理的であることを明らかにしている。さらに、約 5 mm のレーザビーム径によるギャップ裕度や狙いずれ裕度の拡大効果を考察し、長寿命・低ランニングコストのダイオードレーザ適用の優位性を明らかにしてダイオードレーザ支援交流パルスミグ溶接プロセスを提案し、板厚 1.2 mm と 1.5 m のアルミニウム合金重ね隅肉継手において 1 mm のギャップ幅が存在しても 4 m/min の高速で溶接できることを示している。

以上のように、本論文は、交流パルスミグ溶接のアーク現象の観察、溶滴および母材への入熱測定、溶接ヒューム微粒子の観察と成分同定、ビード形成現象の解析、溶接熱源の複合などを行うことにより、アークの安定化制御方法、微小スパッタや溶接ヒュームの抑制機構、継手への熱輸送および溶融金属輸送制御機構、ビード形成現象や溶接条件設定の指針、ギャップ裕度や狙いずれ裕度の拡大、溶接品質と生産性の向上などに関していくつかの新しい知見を得ている。本研究で得られた成果は、高信頼性で高効率・高能率なアーク溶接プロセスの確立のための指針を与え、そのプロセスを基盤技術とした生産科学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。