

論文内容の要旨 Abstract of Dissertation

氏名Name 橋本裕志

現在の工業製品の製造・加工において、金属を接合する溶接は必要不可欠の技術である。溶接施工現場では近年、少子高齢化による熟練工の不足が問題となっており、溶接の自動化が求められている。多くの溶接工法の中でも、ガスシールドアーク溶接は溶接ワイヤを連続的に供給することによって長時間の溶接が可能であり、ロボットを用いる自動溶接に適している。ガスシールドアーク溶接の中でもシールドガスに100%-CO₂ガスを用いる炭酸ガスアーク溶接は、高い溶接能率を有する、つまり溶接速度が速く溶け込みが深いという特徴がある。そのため、自動車の下回り部品や建築鉄骨材製作において主流の溶接手法となっている。しかし、炭酸ガスアーク溶接は、溶接自動化の妨げとなるスパッタの発生量が多いという問題がある。

本論文では、炭酸ガスアーク溶接において、スパッタ飛散を大幅に低減するための溶接電源の電流制御方法を提案する。従来の溶接電源はパワートランジスタおよび高周波トランスの性能制約によって、制御周波数100kHz程度が上限となり、制御可能なアーク溶接因子の動作時間は数10 μ s以上であった。本論文は数10 μ s以下の時間スケールで起こるアーク溶接の溶滴くびれ現象に焦点を当て、溶滴くびれの進展を観察して溶接電流を高速に変化させることによって、溶滴くびれ進展を制御してスパッタを低減する方法を提案する。さらに、このような高速電流応答を実現するための溶接電源回路制御方法も提案する。

第1章では、鉄鋼材料の溶接に広く使用される炭酸ガスアーク溶接の概要と課題について述べ、炭酸ガスアーク溶接の自動化のためにスパッタ低減が求められることを示す。さらにアーク溶接プロセスと溶接電源の技術開発経緯、そして現在主流となっている溶接電源回路の制御方法について説明し、現在の溶接電源の性能限界を示す。また、炭酸ガスアーク溶接のスパッタの発生メカニズムと従来のスパッタ低減方法を説明し、炭酸ガスアーク溶接の極低スパッタ化に向けて、溶滴のくびれ飛散による小粒スパッタの低減が課題であることを示す。またこの課題に対処するためには、従来よりも大幅に高速な電流応答を持つ溶接電源回路と制御方法が必要であることを示す。

第2章では、本論文の制御対象であるアーク溶接の溶滴移行に関して、アークプラズマが溶滴移行に与える影響や、溶滴移行の際のくびれ発生メカニズムについて説明し、炭酸ガスアーク溶接の溶滴移行制御における課題を明らかにする。また溶滴移行制御のために溶滴移行状態を電氣的に捉えるための回路モデルを説明し、本論文における溶滴移行状態の検出方法を示す。そのうえで、極低スパッタ化に向けた溶接電流制御方法を提案し、提案手法の従来技術に対する位置づけを示す。

第3章では、本論文の高速電流応答を実現する回路手段としてインターリーブ制御の降圧回路を提案し、その具体的な回路制御方法を説明する。また、アーク溶接電源に必要なとされる電流目標値応答性と外乱応答性を両立する電流制御方法ならびにインダクタなど

の回路パラメータ設定指針を示し，回路シミュレーションおよび小型実験装置を用いた試験によって提案回路と電流制御方法が従来回路よりも応答性能に優れていることを示す。

第4章では，第3章で提案した回路と電流制御方法に基づいて大電流出力可能なインターリーブ型溶接電源を製作し，その性能を評価する。インターリーブ型溶接電源は，正方向の電流出力が可能なユニポーラ型と，正負両方向の電流出力が可能なバイポーラ型の2種類を提案し，それぞれの回路構成を示す。まず抵抗負荷を用いた大電流出力試験により，従来型溶接電源に対してユニポーラ型インターリーブ電源の応答性能が優れていることを示す。さらに，ユニポーラ型インターリーブ溶接電源とバイポーラ型インターリーブ溶接電源を用いて炭酸ガスアーク溶接を行い，反発移行および短絡移行における各電源方式の電流応答性能を評価し，バイポーラ型インターリーブ溶接電源が負荷の状態に関係なく電流立下り応答性能に優れることを示す。

第5章では，第4章で評価したユニポーラ型およびバイポーラ型インターリーブ溶接電源を用いて，炭酸ガスアーク溶接の反発移行現象および短絡移行現象の観察試験を行う。この試験において極低スパッタ溶接に向けた高速電流応答による溶滴移行制御を行い，提案方法のスパッタ低減効果を明らかにする。

第6章では，提案手法の有用性や特徴，本論文の成果について統括を述べ，今後の課題をまとめる。