

209 溶融池形状と溶接線の認識及び知的溶込み制御に関する研究

慶應義塾大学

菅 泰雄

慶應義塾大学大学院

藤生 豪

慶應義塾大学大学院

○吉田 亮

Study on Recognition of Molten Pool Shape and Welding Line
and Intelligent Penetration Control

by Yasuo Suga, Takeshi Fujio and Ryo Yoshida

1. 緒言

溶接中に溶融池を監視して溶接条件を常に適正に保ち、安定した溶接を行うためのシステムの構築が求められている。そこで本研究では、視覚センサを搭載した溶接ロボットによる溶接線と溶融池の撮影及び認識、並びに溶込み制御について検討した。さらに開発した溶接ロボットシステムにより、自動溶接実験を行った。

2. 実験装置

本研究で開発したシステムは、3軸直交型駆動装置、2台の白黒 CCD カメラ、パーソナルコンピュータ、TIG 溶接機等から構成されている。前方のカメラは溶接線画像を、後方のカメラは溶融池画像を取得する。画像から得られた各種パラメータを用いて溶接電流を制御し、溶込み制御を行う。

3. 溶接線の撮影及び認識

溶接線は前方の CCD カメラにより撮影する。まず、取得画像に対し、水平方向に左右両方から一次差分処理を行い、これを二値化する。次に垂直方向の明るい画素数をカウントし、その分布を求め、溶接線の左右のエッジ直線を検出して、溶接線幅を測定した。その検出結果を Fig.1 に示す。

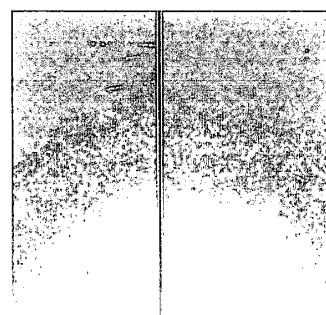


Fig.1 Image of welding line

4. 溶融池の撮影及び形状認識

溶融池は溶接トーチの後方の CCD カメラで観察する。Fig.2 に示すタイミングで画像取得時に一時的に電流を降下させることにより、アーク光による視覚認識への悪影響を低減させる。溶融池の頂点位置を検出し、更に 3×3 のエッジ抽出フィルタを適用し、二値化処理を行い、溶融池の左右エッジ部を検出した。その結果を Fig.3 の画像に実線で示す。得られた溶融池形状から各種パラメータ（溶融池幅・長さ・面積）を求めた。

5. 溶接溶込み制御

溶け込み制御の基本となる溶接電流と溶融池最大幅 w_m 、長さ l 、面積 S との関係を求めた。これらから、溶接現象は複雑であり、各種情報から総合的な推定が必要であることが分かった。そこで、この総合的な判断にニューラルネットワーク(N.N.)を用いた。まず、基礎データを N.N.に教示学習させ、適正な電流補正值を出力するようにシステムを構築した。入力値には上の3個の形状パラメータと溶接線幅 w_f 、溶接電流 i 、溶接速度 v を用いた。N.N.は、入力層6ユニット、中間層8ユニット、出力層1ユニットで構成されている。N.N.の学習にはバックプロパゲーションモデルを用いた。

6. 溶接実験

開発した溶接ロボットを用い、溶込み制御実験を行った。実験では溶接中に外乱を付与し、その溶接結果から制御性を確認した。Fig.4 に溶接中に突然、速度を変化させた場合(12cm/min→20cm/min)の制御実験結果を示す。図より、溶接速度の変化に対して、適正に溶接電流が制御され、良好な溶込みが得られていることが確認できる。以上の結果より、本研究で構築した視覚センサを搭載した自動溶接ロボットシステムの有効性が確認された。

7. 結言

1. 溶接中に溶接線を抽出し、溶接線幅を自動測定するシステムを構築した。
2. 溶融池の形状パラメータを安定して測定するシステムを構築した。
3. 溶接線と溶融池の形状パラメータ及び溶接条件をあらかじめ教示学習させて得たニューラルネットワークに入力し、適正な電流補正值を出力する制御システムを構築した。
4. 本制御システムを用いて溶接制御実験を行い、その有効性を確認した。

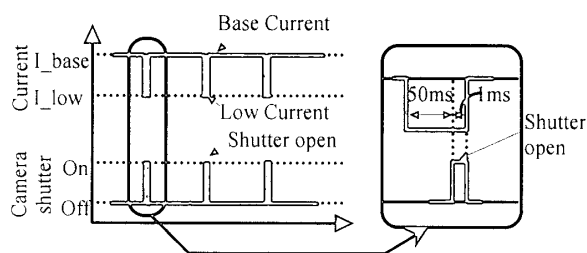


Fig.2 Timing chart of pulse current and camera shutter

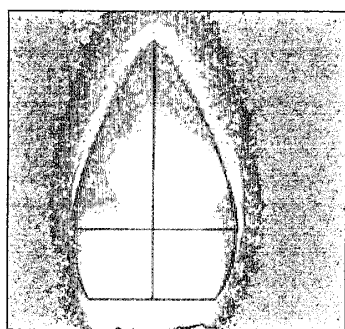


Fig.3 Recognition of molten pool shape

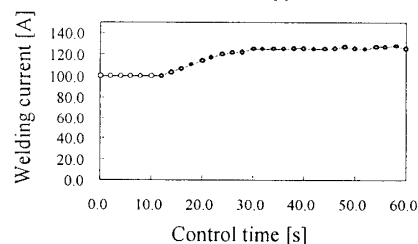
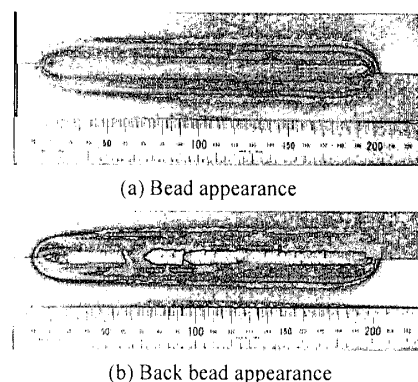


Fig.4 Result of welding with control (12cm/min→20cm/min)