

レーザ溶接のための試作ビジョンセンサの位置決め精度

(株)産鋼スチール ○福田 薫 大藤 仁志
 北海道大学大学院 システム情報学研究室 金子 俊一 松下 昭彦 山中 将裕
 北海道大学 池田 正幸

要 旨

材料の表面に投射された2本のライン状半導体レーザ光とガイドレーザ光のCMOSカメラで得た画像から、溶接ヘッドの位置、高さ、角度を求めるビジョンセンサを試作した。その画像から視覚的に溶接線を決め YAG レーザでスポット溶接、連続溶接実験を行って位置、高さ、姿勢の検出精度と溶接特性を検討した。ビジョンセンサを用いた溶接ヘッドの制御で良質な溶接が出来る見通しを得た。

1. 緒 言

レーザ溶接は多くのメリットが認められているが、加工ヘッドの高さや位置の設定、レーザ光の照射方向などに高精度が必要である。溶接では高温で高輝度の光が発生する環境となり、インプロセスで位置決めは困難である。それゆえ、あらかじめ溶接位置を検出した後、溶接方法を用いるのが一般的である。溶接位置を検出する方法の自動化が問題解決の鍵となる。

本報告では加工ヘッドの位置姿勢を検出するビジョンセンサを開発し、位置決め精度と溶接精度を定量的に検討した。

2. 実験装置・方法

2.1 実験装置

実験装置は、加工ヘッドとビジョンセンサで構成されている。加工ヘッドは集光レンズ、保護ガラス、3層ノズルで構成される。ビジョンセンサは2個の半導体レーザ、ビーム中心を示すガイドレーザおよび CMOS カメラで構成される。

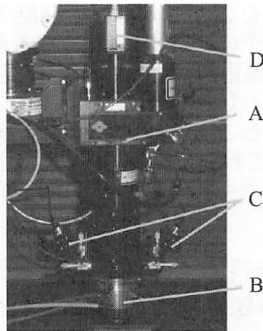


Fig.1 実験装置構成

図1にヘッド部の構成図を示す。図中のAは加工ビーム集光系で、光ファイバで伝送されたレーザ光はファイバコネクタ、集光レンズ、保護ガラスを透過した後、加工物上で集光され溶接を行う。レンズの焦点距離は $f=200[\text{mm}]$ である。Bは3層ノズルで、3層構造で溶接部を完全にシールドするガスを溶接部に供給する。¹⁾ Cは半導体レーザで、ライン状のレーザ光が平行になるように取付けてある。DはCMOSカメラで、加工物に投射された半導体レーザ光とガイドレーザ光を画像として捉える。その画像からヘッドの高さ、角度、溶接の位置を求める。

2.2 実験方法

2.2.1 スポット溶接実験

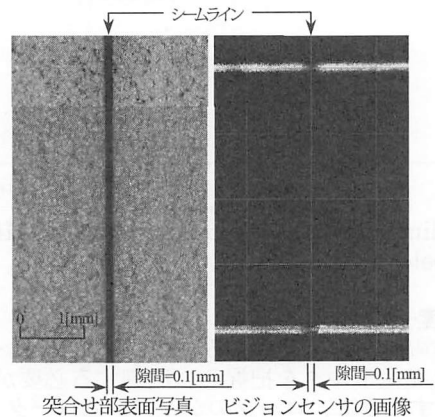


Fig.2 溶接部の写真

レーザ切断した厚さ $6[\text{mm}]$ 、大きさ $50 \times 100[\text{mm}]$ のステンレス鋼板を突合せ溶接した。図2左は溶接する突合せ部表面の写真である。中央の黒い線は2枚の板の隙間である。図2右はビジョンセンサの画像である。上下の白い線はライン状の半導体レーザ光が板に投射された像である。半導体レーザ光の切れ目が2枚の板の隙間である。半導体レーザ光の切れ目の間隔の中央をシームラインとして、その上に溶接した。この位置決め操作をスポット溶接する各点で行った。溶接は1組の板につき5点、2組行なった。

溶接条件は、レーザ出力 $960[\text{W}]$ 、シャッター速度 0.1 秒、集光径は $0.6[\text{mm}]$ である。

2.2.2 連続溶接実験

スポット溶接実験と同じ大きさの溶接試料の両端近く2ヶ所で、先の実験と同様に突合せ部隙間の中央を求め、その点を結んだ線をシームラインとした。溶接実験は溶接試料を水平に置いた場合(A)、水平面にて時計方向に適当な角度回転させ、任意の角度傾斜させた場合(B)、水平面にて時計方向に回転させ、任意の角度傾斜させた場合(C)について行った。また、レーザ光の照射角度、突合せ部分の影響を比較するためビードオンプレートを行った。溶接条件は、レーザ出力 $3,450[\text{W}]$ 、溶接速度 $1,000[\text{mm}/\text{min}]$ で行った。この条件は厚さ $6[\text{mm}]$ のステンレス鋼を $4[\text{mm}]$ 以上溶融する条件である。

3. 実験結果

3.1 スポット溶接の位置精度

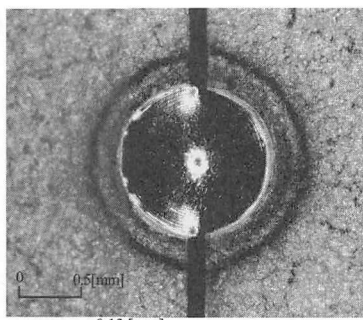


Fig.3 スポットの外観 (径=1.2[mm])

図3は溶接部表面の顕微鏡写真である。溶融部はほぼ円形になっている。スポット溶接では中心のノズルだけを用いたため、図のように周辺に熱影響による酸化膜が生じている。シールド条件が適正であれば酸化は完全に防止できる。スポットの形状を円とみなし、その中心とシームラインとの距離をスポットの位置ずれ量とした。

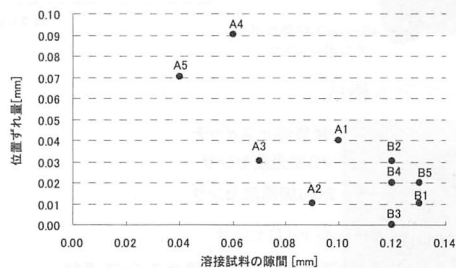


Fig.4 スポットの位置ずれ量と溶接試料の隙間

図4は位置ずれ量と溶接試料の隙間の関係を示す。図中の点A1~A5は1回目の実験、B1~B5は2回目の実験結果である。スポットの位置ずれ量は最大でも0.09[mm]であり、本実験で用いた装置のビームの集光径が0.6[mm]。溶接位置ずれ量はその1/5以下であり、良好な溶接が可能である。A1~A5はB1~B5に比べ、ばらつきが大きい。B1~B5は溶接試料の隙間が0.12~0.13[mm]と広いいためか、ばらつきも小さくなっている。視覚判断では加工物の隙間があると位置決めが容易となる。隙間があり、ビジョンセンサで明確に認識できる方がずれ量は小さい。位置決めにおいて左右方向への偏りはみとめられない。

3.2 連続溶接の位置精度

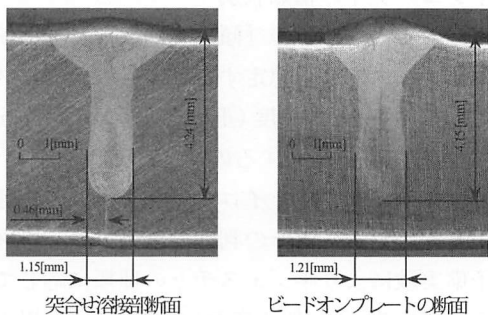


Fig.5 溶融部断面

図5は溶融部の断面写真である。図5左は突合せ溶接部

断面、図5右はビードオンプレートの断面を示す。ビードオンプレートの断面と比べて深さに大きい差はない。図5左の溶融部下方の幅の中心線と板の突合せ線との距離を溶接位置ずれ量として計測した。溶融部は突合わせ位置から外れてはいないのでビジョンセンサで精度良く位置決めと光の照射角度を設定でき、良好な溶接が可能である。

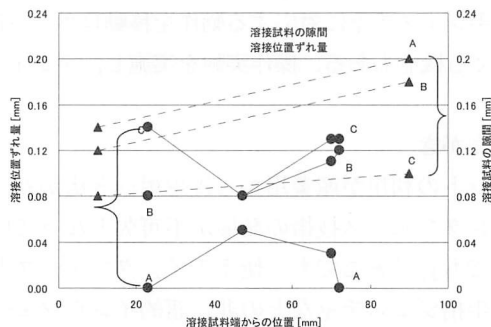


Fig.6 溶融部下端の中心と突合せ部のずれ量

図6は溶接位置ずれ量と溶接試料の隙間の距離を示している。横軸は溶接部を観察した断面の位置である。水平に置いた溶接試料Aは高い位置決め精度が得られ、BとCはAに比べて誤差が大きい。それはBとCが傾斜面であり、ロボットの作動に関与した軸が多いため誤差が生じたものと考えられる。シームラインから左右どちらか一方にずれる傾向は認められなかった。

4. 結 言

試作ビジョンセンサを用い、その画像から視覚判断でスポット溶接実験と連続溶接実験を行い、溶接位置決め精度を検討した。その結果、位置決め精度はビーム径の1/5以下であり、良好な溶接が可能であることがわかった。加工物の隙間があり、ビジョンセンサで明確に認識できる方が、ずれ量は小さいことがわかった。多少隙間のある場合でも、ビードオンプレートと比べて溶け込み深さに大きい差はなく、実用レベルの溶接が可能である。

今後、画像処理による溶接位置の自動検出機能を組み込み、溶接精度の検討、溶接する突合せ部の端面の形状がビジョンセンサに及ぼす影響と、曲線や曲面、すみ肉溶接等における姿勢制御の精度向上をはかる。

参 考 文 献

- 1) 井加田剛, 菅育正, 池田正幸, 末岡和久, 武笠幸一: シールドガスノズルを用いたレーザー溶接特性, 2001年度精密工学会春季大会