

## 24 20kW ファイバーレーザーによるアルミニウム合金のビードオンプレート溶接特性

山口 篤, 岸本 正, 後藤浩二, 有年雅敏

### 1 目的

近年、建設機械、船舶、車両等の厚板を使用した大型構造物は、省資源・省エネルギーのための軽量化や低コスト化が求められ、軽量材料の採用、切削加工部品の溶接構造化や溶接点数の削減等が進められている。しかし、厚板の溶接には多大な時間とコストを要するため、効率的な溶接技術の開発が急がれている。

厚板溶接材料としての利用が期待される材料にアルミニウムがある。アルミニウムは軽量でリサイクル性に優れているため、地球環境負荷低減に有望な構造材料として、現在薄板を中心に広く使われている。しかし、アルミニウムは熱伝導性が鉄に比べて高いため、厚板の溶接には高エネルギー熱源が必要とされる。ファイバーレーザーは、コンパクトな発振機で大出力が得られ、レーザー光がファイバー伝送可能であることから、溶接用高エネルギー熱源として注目されている。出力 10kW 級のファイバーレーザーを用いたアルミニウム合金の溶接に関して、溶込み特性に及ぼすパワー密度やレーザー照射角度の影響<sup>1)</sup>、溶接速度および焦点はずし位置が吸収特性に及ぼす影響<sup>2)</sup>などが報告されており、10mm 以上の深溶込みが得られることが明らかにされている。最近では出力 20kW の発振機も開発され、さらなる深溶込み溶接への期待がされているが、その溶接特性に関する研究報告はほとんど行われていない。

本研究では、国内最大出力の 20kW ファイバーレーザーを用いて、アルミニウム合金のビードオンプレート溶接実験を行った。焦点はずし位置（以降、焦点位置）が溶込み特性（溶込み深さ、溶接欠陥）におよぼす影響を調べるとともに、溶接欠陥の一つであるスパイク（のこぎり歯状の溶け込み）の生成傾向について考察した。

### 2 実験方法

図 1 は、溶接装置全体の(a)外観およびヘッド部分の(b)拡大写真である。ファイバーレーザー発振機は最大出力 20kW の IPG フォトニクス社製「YLR-20000」で、波長は 1,070nm、ビーム品質 BPP は 11.7mm\*mrad（20kW 出力時）である。レーザーは、発振機から 0.3mm のプロセスファイバーで伝送され、 $f=150\text{mm}$  のコリメーションレンズを透過後、 $f=300\text{mm}$  のフォーカスレンズで絞られて試料に照射される。光学ヘッドは HIGHYAG 社製「BIMO-HP」を使用した。

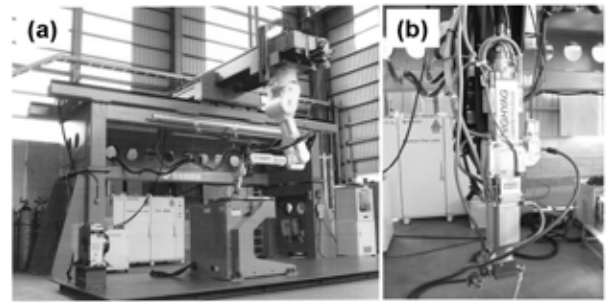


図 1 溶接装置全体と溶接ヘッド部拡大

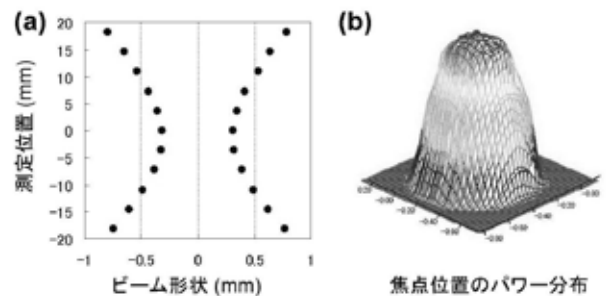


図 2 ビームプロファイル

図 2 は、PRIMES 社製「Focus Monitor FM120」を用いて測定したビームプロファイル（測定出力 20kW）である。集光されるスポット直径は 0.6mm であり、このビーム形状を基に計算すると、20kW 出力での最大パワー密度は  $71\text{kW}/\text{mm}^2$  に達する。溶接時には、戻り光防止のためにレーザービームを前進側に  $5^\circ$  傾けて照射した。

被溶接材料はアルミニウム合金 JIS-A5052 を用いた。試料厚さは 50mm、ビードオン距離は 300mm、溶接速度は 1m/min とした。シールドガスはアルゴンガスを用い、口径 12mm のノズルから毎分 30 L を流し続けた。溶込み深さおよびスパイク数の測定は、評価長さ 100mm の縦断面で行った。なお、スパイクは溶込み深さの 10% を超える尖った溶込み部と定義した。

### 3 結果と考察

#### 3.1 焦点位置と溶込み特性

図 3 は、それぞれの焦点位置におけるビード外観、縦断面、横断面である。焦点位置が +10mm の場合は、

ビード中央がやや盛り上がりとともに、アンダーカット(溝状の表面欠陥)が形成された。縦断面観察からは、ポロシティ(内部気泡)やスパイクは観察されず、良質な溶込みが得られていることが分かる。焦点位置が 0mm および -10mm の場合は、ビード表面は比較的滑らかであったが、ポロシティおよびスパイクが発生した。

図 4 は、(a)焦点位置と溶込み深さおよび(b)焦点位置とスパイク数の関係である。溶込み深さは、焦点位置が+5mm のときに最大値の 21.5mm が得られた。スパイクは、焦点位置が+20mm から+5mm の範囲では 5 本以下と少ないものの、それ以下では多くなる傾向が現れ、-10mm 以下では 30 本以上発生していた。

これらの結果から、焦点位置が+20mm から+5mm の範囲では安定したキーホール溶接が行われたと考えられる。この範囲では焦点位置を深くするに伴って被溶接材料に投入されるパワー密度が大きくなり、溶込み深さが増加する傾向がみられた。一方、焦点位置が 0mm 以下ではキーホールが不安定となり、スパイクが多く発生し、溶込み深さは増加しなかったと考えられる。

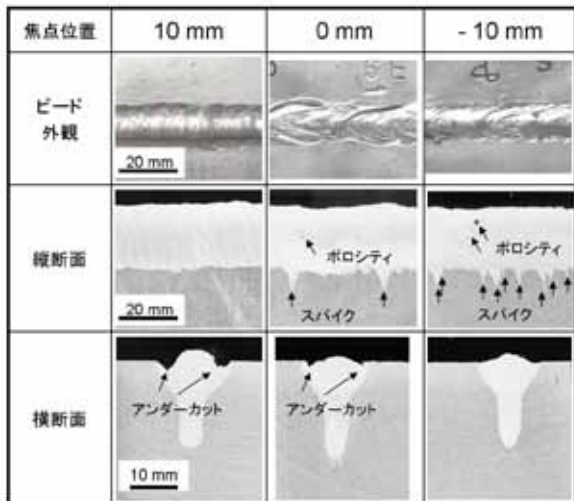


図 3 焦点位置と溶込み形状

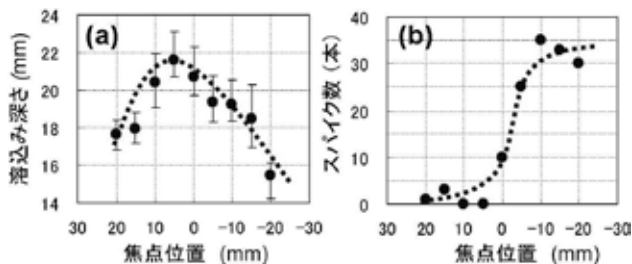


図 4 焦点位置と溶込み深さ  
およびスパイク生成数の関係

### 3.2 スパイク生成傾向

不安定なキーホールはスパイクやポロシティの原因となる。スパイクの発生傾向を検討することで、キーホールを安定させ、深溶込みおよび高品質な溶込みを得るための最適な溶接条件を予測することができると考えられる。そこで、図 5(a)に示すような溶込み深さ位置におけるパワー密度とスパイク数の関係に着目した。このパワー密度は、図 2(a)に示すビーム分布の実測値を元に、溶込み深さ位置のビーム直径を元に算出した。パワー密度とスパイク数の関係を図 5(b)に示す。この結果から、溶込み深さ位置、すなわちキーホール先端位置におけるパワー密度が大きいほどスパイクが多く発生することが明らかとなった。

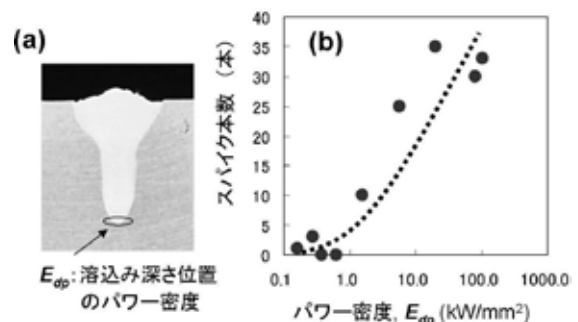


図 5 スパイク生成傾向

## 4 結 論

出力 20kW ファイバーレーザによるアルミニウム合金のビードオンプレート溶接特性について調べるとともに、スパイク発生傾向について検討した結果、以下の知見が得られた。

- (1) 溶込み深さは焦点位置に依存し、焦点位置が+5mm の時にスパイクおよびポロシティのない良質な溶込み形状で最大値溶込み深さ 21.5mm が得られた。
- (2) スパイクは焦点位置が深くなるほど多く発生し、溶込み深さ位置のパワー密度とスパイク数には相関があることを見出した。

## 謝 辞

本研究は平成 21 年度産学インキュベート事業の一環として行われたものであり、溶接実験に際してご協力いただいたさくら工業(株)に深く感謝いたします。

## 参 考 文 献

- 1) 長山, 水谷, 川人, 片山: 溶接学会全国大会講演概要, 81(2007), pp.344-345
- 2) 川人, 松本, 木下, 坪田, 石出, 片山: 溶接学会全国大会講演概要, 83(2008), pp.222-223

(文責 山口 篤)  
(校閲 福地雄介)