

ビームモード制御技術によるスパッタ低減

Spatter suppression with beam mode control technology

安岡知道*, 茅原崇*, 酒井俊明*, 繁松孝*

*古河電気工業株式会社
(〒290-8555 千葉県市原市八幡海岸通 6 番地)

Tomomichi Yasuoka*, Takashi Kayahara*, Toshiaki Sakai*, Takashi Shigematsu*

*Furukawa Electric Co., Ltd.
(6 Yawata-Kaigandori, Ichihara, Chiba 290-8555 Japan)

ファイバレーザはその高いビーム品質により、非常に小さい領域に高いパワーを集光させることができる。これにより、加工時に熱影響が少なく、溶け込み深さの深い加工や、赤外領域で吸収をほとんど持たない銅の加工を実現することができる。その一方で加工中には多量のスパッタを発生させてしまう。このスパッタは溶接時の欠陥発生、加工部周辺の汚損を引き起こしてしまい、加工部材の強度低下や性能低下、製造現場における次工程の増加の原因となってしまう。これに対して、我々はビームモード制御技術を溶接に適用することでスパッタの抑制、加工欠陥の発生減少に成功した。

Owing to the high beam quality, fiber laser has high power density by minimal spot size. So we can get the results of narrow heat affected zone, deep penetration depth and welding with low absorption materials like copper. On the other hand, welding with fiber laser occur many spatters. These induce welding defects and poor appearance around the welding bead. To improve this, we applied beam mode control technology to the welding and succeed suppression of spatters.

Key words: Fiber Laser, Beam Quality, Spatter, Defect, Beam Mode Control Technology

1. 緒言

ファイバレーザは YAG 等の他のレーザと比較して、高いビーム品質と信頼性、効率性を持つ。また、加工点まで直接ファイバデリバリーすることができることから、産業用レーザとして非常に理想的であり、その市場規模は年々拡大している。従来、生産現場で使用されてきたレーザと比較しても使いやすい事から、他のレーザのみならず、抵抗溶接などの他の溶接方法からの置き換え検討・導入も進んでいる。

本稿ではその高いビーム品質を活かした加工特性、およびビームモード制御技術を組み合わせた新しいレーザ加工について報告する。

2. ファイバレーザ溶接技術

ファイバレーザはその優れたビーム品質により、高いパワー密度を得ることが可能である。その結果、溶接時には高アスペクトな溶け込みと少ない熱影響、さらに従来のレーザでは加工ができなかった銅のような高反射材料も加工可能である。本章ではまず弊

社のシングルモードファイバレーザおよびマルチモードファイバレーザの基礎的な加工特性を示す。

2.1 シングルモードファイバレーザ

当社のシングルモードファイバレーザの外観を Fig.1 に示す。発振器内部は励起用半導体レーザ、利得ファイバ、FBG(Fiber Bragg Grating) 等の部品で構成されており、発振されたレーザ光は光ファイバを通じて出力端まで伝送されている。



Fig.1 Single mode Fiber Laser manufactured by Furukawa Electric Co., Ltd

この発振器を使用した、SUS304, A5052, C1100 のビードオンプレートテストの結果が Fig.2~4 である。

Fig.2 は SUS304 に対して出力 1kW, 掃引速度 1m/min および 10m/min でレーザー照射した際の断面である。1 m/min で約 4 mm、10m/min で約 2.5 mm の溶け込み深さが得られていることが確認できる。Fig.3 は A5052 に対し出力 1kW, 掃引速度 1m/min および 10m/min でレーザー照射した際の断面である。こちらは 1 m/min で約 3 mm、10m/min で約 2mm となった。また、Fig.2 および Fig.3 により、SUS304、A5052 共に高アスペクト比の加工となっていることが確認できた。

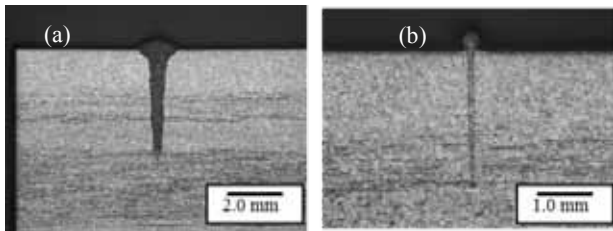


Fig.2 Cross-section view of SUS304 with SM1kW fiber laser (a) 1m/min (b) 10/min

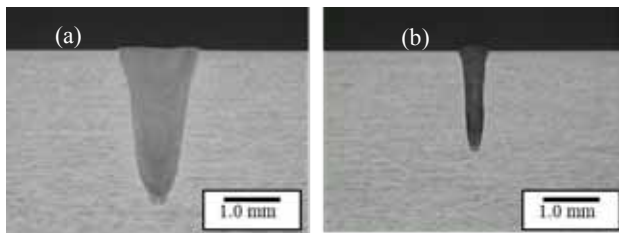


Fig.3 Cross-section view of A5052 with SM1kW fiber laser (a) 1m/min (b) 10/min

次に 1kW シングルモードファイバレーザによる SUS304, A5052, C1100 のビードオンプレート溶接試験における掃引速度と溶けこみ深さの関係を Fig.4 に示す。C1100 は他の 2 つの

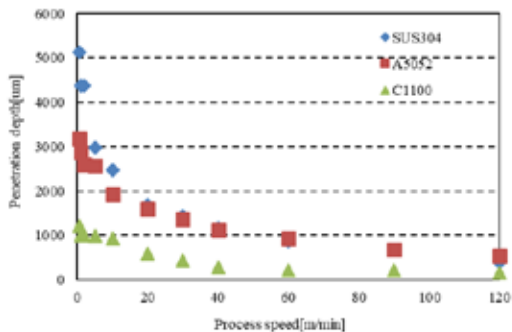


Fig.4 The result of bead on plate test with SM1kW fiber laser

材料と比較して溶け込みが浅くなっている。これは C1100 の持つ高热伝導率および高反射率に

よるものと考えられる。

2.2 マルチモードファイバレーザ

前章ではシングルモードファイバレーザの持つ加工特性を紹介したが、生産現場においてはより速い加工速度で加工をしたい、或いは、より深い溶け込み深さを得たいという要望も多い。そのような要望に応えるため、弊社では 2~6kW のマルチモード kW ファイバレーザを製品ラインナップとしている。このファイバレーザは、複数のシングルモードファイバレーザを合波することで構成されている[1]。



Fig.5 Multi Mode 6kW Fiber laser manufactured by Furukawa Electric Co., Ltd

Fig.5 は弊社製マルチモード 6kW ファイバレーザの外観であり、Fig.6~7 はそれを使用して SUS304, A5052, C1100 に対してビードオンプレートテストを実施した結果である。Fig.2 と Fig.6 を比較すると、溶け幅は太くなっているが、高アスペクトな形状は維持したままであることが分かる。また、溶け込み深さは Fig.7 のようになっており、Fig.4 と比較することでシングルモードファイバレーザよりも深い溶け込み深さを得ていることが確認できた。

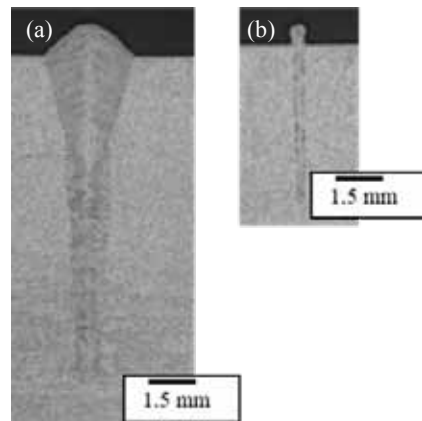


Fig.6 Cross-section view of SS304 with MM6kW fiber laser (a) 1m/min (b) 10/min

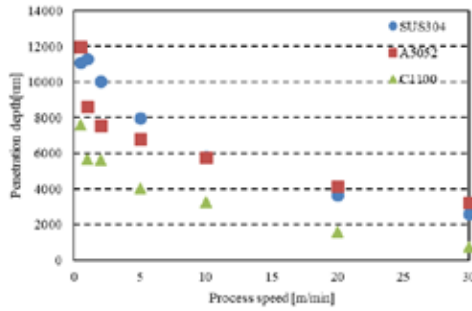


Fig.7 The result of bead on plate test with MM6kW fiber laser

3. ビームモード制御技術

これまで述べてきたように、ファイバレーザはその高いビーム品質および集光性により、従来では考えられなかった、局所的かつ深い溶け込み深さ、早いサイクルタイム、高反射材料の加工を提供してきた。その一方で、ファイバレーザを用いた溶接時には多量のスパッタが発生する。このスパッタはボイドやブローホールといった溶接欠陥を引き起こし、接合強度の低下や次工程の増加、種々の材料特性の減少を引き起こす。このスパッタを抑制するため、つまり溶融時の溶融池を安定化させるために我々はビームモード制御技術をファイバレーザ溶接に適用した。

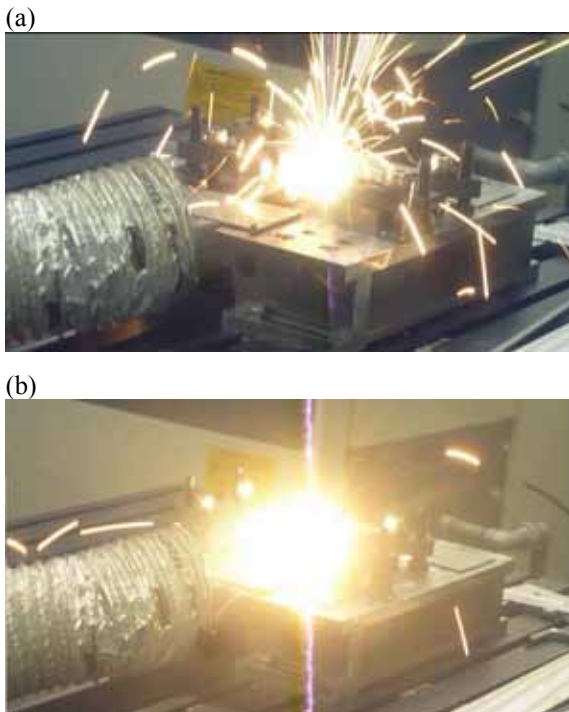


Fig.8 Appearance of bead on test with stainless steel.
 (a) Conventional focused beam
 (b) with beam mode controlled technology

Fig.8 は出力 3kW、加工速度 5m/min の条件下において、SUS304 上でビードオンプレート試験を実施した結果である。ビームモード制御を行わずに試験を実施した際は Fig.8 (a) のように多量にスパッタが発生していたが、ビームモード制御を用いた場合は Fig.8(b) のように大幅にスパッタを抑制することに成功した。

さらに出力を 5kW に上昇させて、SUS304 に対してビードオンプレートテストを実施した際の、スパッタの発生数をカウントしたデータが Fig.9 である。幅広い加工速度においてスパッタの発生を抑制することに成功し、少なくとも 40%以上のスパッタの抑制に成功した。

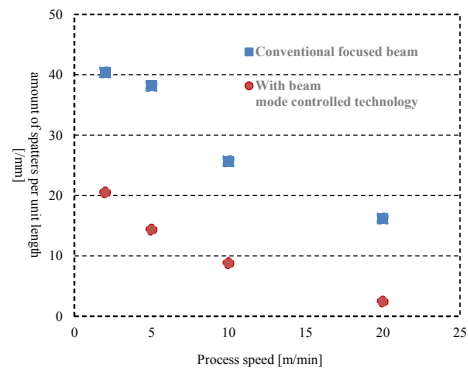


Fig.9 amount of spatters that occurs per unit length and Process speed with stainless steel at 5kw.

次に我々はこの技術を純銅の溶接に適用する事を検討した。純銅は自動車用モータやインバータなどに使用されており、近年の自動車の EV 化に伴い需要が高まっている。これらの自動車部品の設計自由度向上のために、ファイバレーザを用いた溶接は注目されているが、接合時の溶け込み深さを確保するために低速で溶接をした際には多量のブローホールが発生するという問題を抱えている。

これを克服するために、C1100 に対してビームモード制御技術を適用し、出力 6kW・加工速度 5m/min でビードオンプレートテストを実施した結果が Fig.10 である。ビームモード制御技術を用いない場合は不安定なビードであり、ブローホールが多量に発生していたが、ビームモード制御を適用することで非常に安定したブローホールのないビードを得ることができた。

この技術により、自動車用モータやインバータ用パワー半導体などの溶接、検査工程を効率化し、製造コストの大幅な削減と各種部品の高性能化に貢献できると考えている。



Fig.10 Optical images of bead on test with pure copper.
(a) Conventional focused beam
(b) with beam mode controlled technology

4 結言

本稿では、ファイバレーザを使用した際の基礎的な加工特性から、ファイバレーザ使用時に発生する加工欠陥を抑制する方法を報告した。

加工欠陥を抑制するために、ビームモード制御をファイバレーザ溶接に適用することは非常に有効な方法であり、我々は現在この方法を様々な生産現場へ適用し始めている。また、本稿で紹介した以外の材料への適用も試みており、その欠陥の抑制にも成功している。

今後さらに開発を進め、より魅力的なレーザ加工ソリューションを皆様にご提案していきたい。

参 考 文 献

[1] N.Yoshihiro, K. Kousuke, A. Ayumu and T. Takeshi,
Journal of Japan laser processing society, Vol. 23, No.3
(2016)