



ORIST

Technical Sheet

No. 24-25

500 W ファイバーレーザー加工システム

キーワード：レーザー、溶接、微細加工、表面改質

はじめに

近年、レーザー加工機は安価かつ容易に入手できるツールになってきました。これまでよりも多くの方がレーザー加工機の導入を検討されているのではないのでしょうか。当研究所では、レーザー加工、特にレーザー溶接の研究開発に関するニーズにさらにお応えすべく、「500 W ファイバーレーザー加工システム」を和泉センターに導入しました。本稿では、本システムの概要と溶接実験の結果について紹介します。

システムの概要

本システムは、最大出力 500 W のファイバーレーザー発振器と溶接用加工ヘッドで構成され、当研究所が 2012 年から保有している「ファイバーレーザー微細加工装置」(Technical Sheet: No.12007)に拡張機能として組み込まれました。図1に加工装置の外観を、表1にレーザー発振器の仕様を示します。本装置では 3 台のレーザー発振器(連続発振 500 W レーザ、連続発振 200 W レーザ、ナノ秒パルス発振レーザー)と加工ヘッドを組み合わせて、溶接、焼入れ、微細穴加工、切断、および表面改質等の種々のレーザー加工が実施できます。



図1 ファイバーレーザー微細加工装置の外観 (LASERX 社製溶接用加工ヘッド搭載時)

表1 レーザ発振器の仕様

連続発振 500 W レーザ (IPG 社製)	
型式	YLR-500-MM-AC
波長	1070 nm
最大出力	500 W
最小スポット径	約 50 μm
ビームモード	マルチモード
連続発振 200 W レーザ (IPG 社製)	
型式	YLR-200-AC
波長	1070 nm
最大出力	200 W
最小スポット径	約 30 μm
ビームモード	シングルモード
ナノ秒パルス発振レーザー (IPG 社製)	
型式	YLP-1-100-20-20
波長	1064 nm
最大エネルギー	1 mJ
最小スポット径	約 30 μm
パルス幅	約 100 ns
繰返し周波数	20~200 kHz

本システムでは、ビームモードの異なる 2 種類の連続発振レーザーを使用できます。図2にそれぞれのビームプロファイルの模式図を示します。シングルモードレーザーは、中心部のエネルギー密度が高いため、熱歪みを避けたい薄板の微細加工、切断等に多用されます。一方、マルチモードレーザーはトップハット形に近いビームプロファイルとなります。熔融金属の挙動が安定しやすく、溶接でよく使用されます。

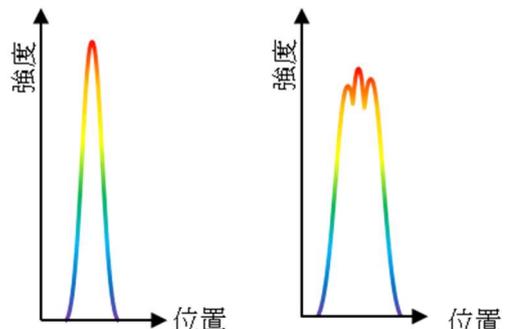


図2 ビームプロファイルの模式図 (左：シングルモード、右：マルチモード)

レーザー溶接実験 1 :

焦点位置が溶込み形状に及ぼす影響

図 3 にステンレス鋼 SUS304 をレーザー溶接した断面写真を示します。溶接部断面にはエッチング処理を施しており、茶色に変色している箇所が溶接部となります。レーザー出力は 500 W、溶接速度は 3 m/min、シールドガス (Ar ガス) は 15 L/min としました。ここでは、レーザー光の焦点位置をステンレス鋼表面 ($Z = 0$ mm)、あるいは表面から内部へ 2 mm ($Z = -2$ mm)、5 mm ($Z = -5$ mm) の位置に設定して溶接しました。

レーザー光の焦点位置が数 mm 上下するだけで溶込み形状は大きく変化します。また、ブローホールと呼ばれる溶接欠陥も増減します。大幅に焦点位置が変化した場合 (ここでは $Z = -5$ mm)、材料表面でのエネルギー密度が低下し、キーホール型溶接から熱伝導型溶接へと移行します。熱伝導型のレーザー溶接ではスパッタ (熔融金属の飛散物) が生じず作業環境周囲への影響は小さいですが、レーザー溶接特有の細く深い溶込み形状が得られない点は注意を要します。

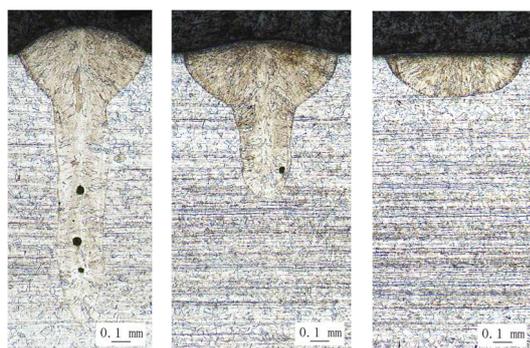


図 3 焦点位置が溶込み形状に及ぼす影響
(左から $Z = 0$ mm、 -2 mm、 -5 mm)

レーザー溶接実験 2 :

材料種が溶込み形状に及ぼす影響

図 4 にステンレス鋼 SUS304、アルミニウム合金 A5052 をレーザー溶接した断面写真を示します。レーザー出力は 500 W、溶接速度は 3 m/min、シールドガス (Ar ガス) は 15 L/min、焦点位置は材料表面の位置に設定して溶接しました。また、ファイバーレーザーの波長は 1070 nm であり、アルミニウム合金に対してレーザー光が反射されやすく、戻り光による光学系の損傷を避けるため、レーザー溶接ヘッドを 10 度傾斜させました。

A5052 では SUS304 と比べ、幅広くかつ浅い溶込み形状が得られます。レーザー光の吸収率や材料の熱伝導率などによって、同じ溶接条件でも溶込み形状が変化します。

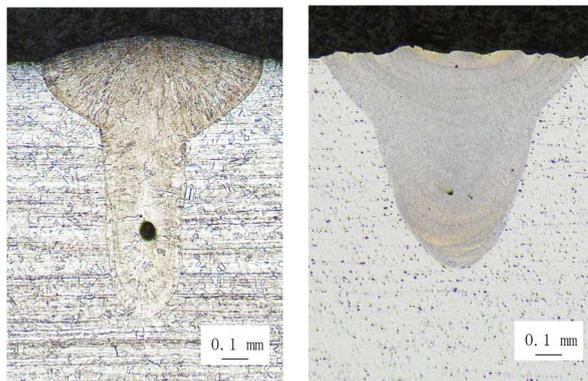


図 4 材料ごとに異なる溶込み形状
(左 : SUS304、右 : A5052)

レーザー溶接実験 3 :

ビームモードが溶接欠陥に及ぼす影響

図 5 にステンレス鋼 SUS304 をシングルモード、マルチモードでレーザー溶接した断面写真を示します。レーザー出力は 150 W、溶接速度は 3 m/min、シールドガス (Ar ガス) は 15 L/min、焦点位置は材料表面の位置に設定して溶接しました。

どちらも同等の溶込み形状が得られましたが、マルチモードのほうがシングルモードよりもブローホールが少なくなりました。この溶接条件においては、マルチモードのほうが溶接中に熔融金属の挙動が安定していたためと考えられます。

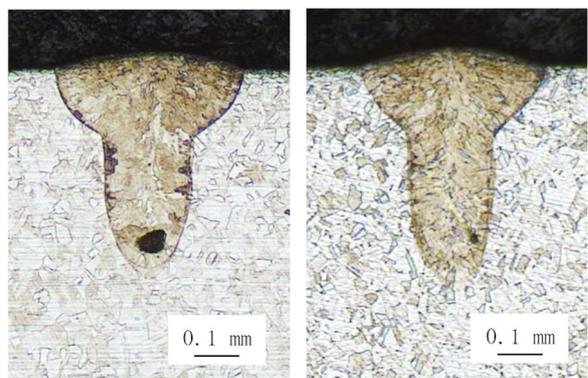


図 5 ビームモードが溶接欠陥に及ぼす影響
(左 : シングルモード、右 : マルチモード)

おわりに

本システムを活用したレーザー加工については、依頼試験や受託研究等に対応しております。安全上、操作は職員が行いますが、加工時に立ち会うことも可能です。本稿で紹介したようなレーザー溶接実験やそれ以外についても、レーザー加工を試してみたい方はお気軽にご相談ください。

発行日 2025年3月1日

作成者 加工成形研究部 特殊加工研究室 田中 慶吾、山口 拓人