

Q-11 ファイバーレーザーのアルミニウムへの適用可能性とその現状ならびに将来性は？

A-11 一般にアルミニウムは、レーザーによる熱加工がし難いとされています。それは、Fig. 1 に示すように鉄に比較してアルミニウムはレーザー光を反射しやすいために材料内へのエネルギー吸収が少ない上に、その吸収したエネルギーも材料の熱伝導度が鉄に比較して高いために、すぐに拡散してしまうことが主な理由です。

この光吸収特性は、光の波長によって異なり、波長が長いと吸収率が少なくなり、材料間の差異も少なくなる傾向にあります。一方、波長が短くなると光を吸収しやすくなると同時に、材料間の差異も大きくなります。つまり、CO₂(炭酸ガス)レーザー(波長 10.6 μm)の場合には吸収率はいずれの材料もほぼ一様に低いのですが、YAGレーザー(波長 1.06 μm)やLD(半導体)レーザー(波

長 0.81 μm) の場合には、材料間の吸収率の差異は大きくなり、アルミニウムは鉄の 1/7~1/3 程度となります。

さて、ファイバーレーザーは、Table 1 にしめす固体レーザーの一種ですが、活性原子のイッテリビウム(Yb)を中心部に分散させた石英系ドープ

Table 1 固体レーザーの種類

名称	レーザー媒質	活性元素	励起源
Nd ; YAG レーザ	YAG ロッド	Nd	フラッシュランプ
スラブ型 YAG レーザ	スラブ型 YAG	Nd	フラッシュランプ
LD 励起 YAG レーザ	YAG ロッド	Nd	LD (Laser Diode)
ディスクレーザー	YAG ディスク	Yb	LD (Laser Diode)
ファイバーレーザー	ドープファイバー	Yb	LD (Laser Diode)

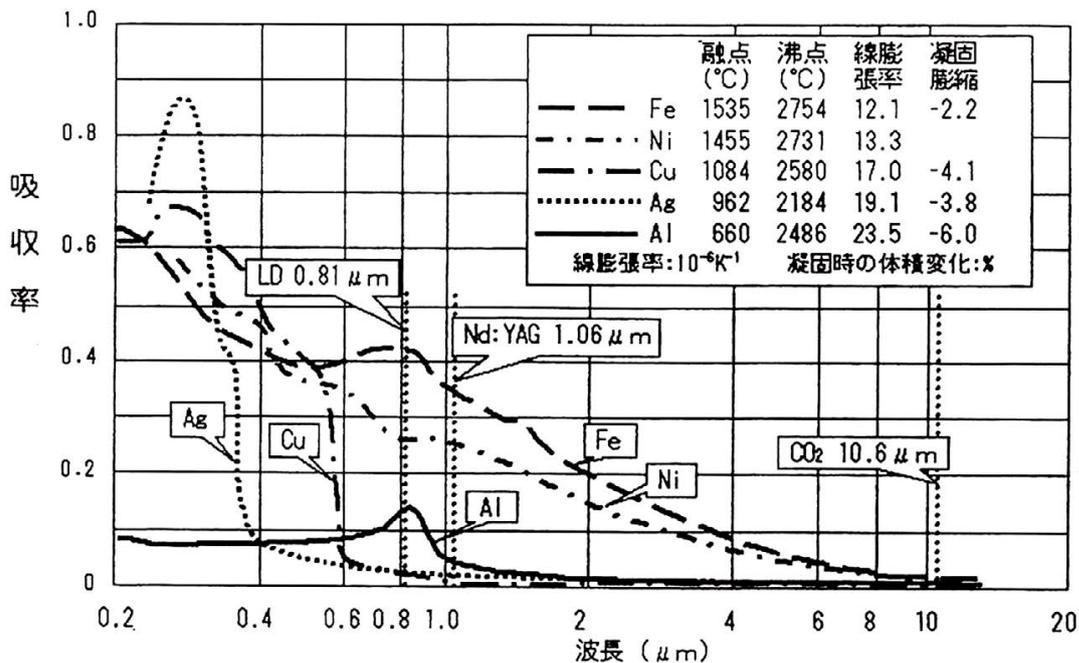


Fig. 1 各種材料の光吸収特性

ファイバーを用い、励起源にはレーザダイオード (LD) が利用されます。その発振器モジュールには Fig. 2 のように、ダブルクラッドファイバーが用いられ、LD 励起光は、このファイバーの内側のクラッド層を伝搬するうちに、コアの Yb に吸収され Yb を励起します。Yb からの誘導放出光は、ファイバーの両端に書き込まれた回折格子により発振します。

このファイバーレーザの特長は、波長が 1.1 μm と YAG レーザ同様に短いことからプラズマ

への吸収による影響が炭酸ガスレーザの場合よりも少ないこと、また Table 2 のようにビームウエスト径 (最も細くなったビームの径) やビームの広がり角に関する BPP (ビームパラメータ積) が小さく、焦点深度も深くいわゆるビーム品質において、他のレーザに比較して格段に良好で、その優れたエネルギー密度ゆえに溶接の溶込みや切断性能に大きな優位性があります。また励起効率が高いことからエネルギー効率も高く、高出力化も容易であり、アルミニウムのような用途に対応

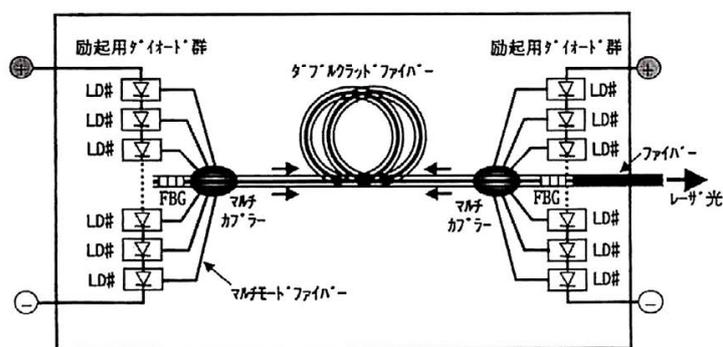


Fig. 2 ファイバーレーザ発振器モジュール

Table 2 BPP (ビームパラメータ積) と焦点深度

		CO ₂ レーザ	ランプ励起 YAG レーザ	LD 励起 YAG レーザ	ディスクレーザ (YAG)	ファイバーレーザ	
BPP (mm*mrad)		3.4	25.0	12.0	6.0	1.0	0.3
焦点深度 (mm)	ファイバー径*) 0.4 mm	23.5	3.2	6.6	13.3	80.0	235.0
	0.2 mm	5.9	0.8	1.6	3.3	20.0	58.8

*) ビームウエスト径

Table 3 ファイバーディスクレーザと他レーザとの比較

レーザ出力 (1 kW 仕様)	CO ₂ レーザ	LD 励起 YAG レーザ	ファイバーディスクレーザ
波長 (μm)	10.6	1.06	1.1
最小スポット径 (μm)	107	300	90
電気・光変換効率 (%)	10	6	25
ファイバー伝送	不可	可	可
設置床面積 (m ²)	10	6	0.3
パワー密度 (MW/cm ²)	11	1.4	16 (500 W では7.9)

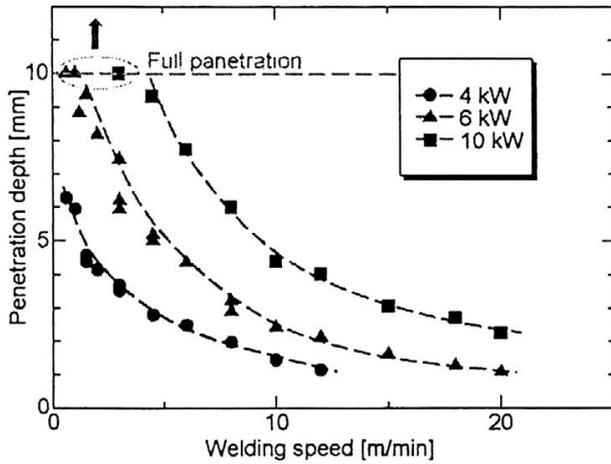


Fig. 3 溶込みに対する溶接速度とレーザー出力の影響

しやすいレーザーと言えます。

アルミニウムに関する溶接データとしては、たとえば A3003 の 1.5 mm の突合せでは 1 kW の出力で 3 m/min の高速度で貫通の裏波溶接が可能と報告されています¹⁾。また A5083 の 10 mm を用いた場合の溶込み特性は Fig. 3 のようになり、その溶融池内部の現象は従来のレーザー溶接とほぼ同様であるとも報告されています²⁾。

以上のようにファイバーレーザーは、Table 3 のように多くの長所をもつ「先進的なレーザー」です。

これからの課題として以下の 2 点が考えられます。

- 1) レーザーの単位出力あたりの単価が高価である。
- 2) ユーザー側に設備ノウハウや加工ノウハウの蓄積が少ない。

ファイバーレーザーはメンテナンス費用や電気代等を含めたランニングコストでは他のレーザーに比べ優位な反面、設備導入時のインシヤルコストがネックになっているという話はよく聞かれますが、インシヤルコストとランニングコストを合わせたトータルコストでみれば、炭酸ガスレーザーより優位になりつつあります。

出力、ファイバー径、NA 値（開口数）等も日々改善されていますので、収束したビームによる切断から溶接まで多彩な用途に応用されていくでしょう。

参 考 文 献

- 1) 荒谷, 羽田, 田川: レーザ加工学会講演論文集, No. 65 (2005. 12), p255
- 2) 長山, 水谷, 川人, 片山: 溶接学会全国大会講演概要, Vol. 79 (2006-9), p252

その他, 溶接技術, Vol. 53 (2005), No. 6~9 ならびに Laser Focus World Japan 2006. 6 など。