

18 チタンのレーザー溶接におけるシールド方法

平成17年度広島県地域研究者養成事業「レーザーを利用した溶接技術研修」

門 格史, 池田 哲宏, 三高史佳*, 近藤真一**

Study on the method of shielding weld zone by inert gas in YAG Laser welding of titanium

KADO Tadashi, IKEDA Tetsuhiro, MITAKA Fumiyoshi and KONDO Shinichi

Titanium is active metal, so that weld zone is contaminated by contact with the air, while welding. It is important that weld zone of titanium is not contacted with the air for the method of shielding weld zone by inert gas until weld zone is cooled. So, we made the study on this method. The following results have been obtained.

- (1) The Appearance of weld bead's color is good that means less contamination, as a result of using the nozzle which holds inert gas longer.
- (2) It is necessary to seal up weld zone, according to the form of products.

キーワード：レーザー溶接，チタン，シールド方法，ノズル

1. 緒 言

チタンは比較的軽量で耐食性及び比強度に優れており、航空、建築、スポーツ用品等の製品に利用されている。その製造過程においては、機械加工、成形加工、溶接等様々な加工が施される。溶接に関しては、TIG、プラズマ、レーザーなどいろいろな方法がある。特に、レーザーは、エネルギー密度が高く、高速で高精度な溶接が出来ることからこれらの製品製造に用いられている。しかし、チタンの溶接では、チタンが非常に活性な金属であることから、溶接時に比較的低温でも容易に酸素、窒素、水素などと反応し、溶接部が脆化するという問題があり「如何に溶接部をシールドガスで大気から遮断するか」が重要な問題である。そこで、本研究はチタンのレーザー溶接におけるシールド方法について、検討を行った。

2. 実験方法および評価

2.1 実験装置

本実験で使用した最大出力4kwの大出力YAGレーザー加

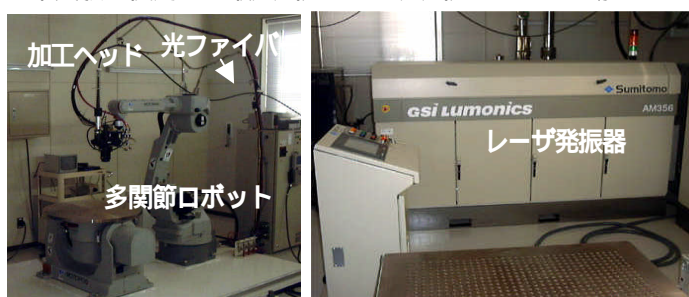


写真1 大出力YAGレーザー加工機MW4000

工機 MW4000 (住友重機械工業製) を写真1に示す。発振器から出たビームが光ファイバ (SI形, コア径0.6mm, 長さ15m) より加工ヘッドに伝送されている。加工ヘッドは垂直多関節型ロボット (6軸) MOTOMAN-UP20 (安川電機製) のアーム先端部に搭載されている。

2.2 実験条件及びシールド方法

実験には2.1で示した大出力YAGレーザー加工機を用い、純チタン2種 (板厚1mm) と系チタン (板厚3mm) を溶接試験片として使用した。溶接条件は、裏ビードが完全に出るものとし、純チタン2種は、レーザー出力2000W, 溶接速度3,4,5m/min, 系チタンは、レーザー出力3500W, 溶接速度2,2.5,3m/min, どちらも板上面をジャストフォーカス、ノズルと溶接材料の間隔は3mmとし、ビードオンプレートによる実験を行った。また、シールドガスは、Arを使用し、流量はセンターシールド50L/min, バックシールド10L/minとした。センターシールドの方法を図1に示す。表ビードのシールド方法として、ノズル、ノズル、ノズルの3種類を用いた。ノズルは、通常使用しているレーザー溶接用ノズルであり、シールドガスは直径20mmの吹き出し口から出て、溶接部をシールドする。ノズルは、ノズルの外側、外径約70mmにアルミ箔を巻いている。また、ノズルはノズルの外側、外径約70mm及び約100mmにアルミ箔を2重に巻いている。ノズルは直径20mmの吹き出し口から出たシールドガスをアルミ箔の内側に溜めることより溶接部を長時間にわたり、シールド性を保持させることを目的としている。バックシールド

*株式会社 高村興業所, **中央工業株式会社

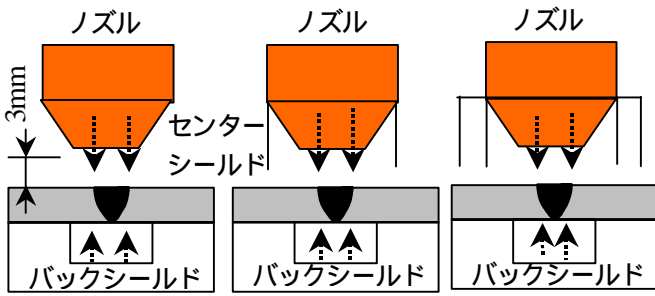


図1 シールド方法

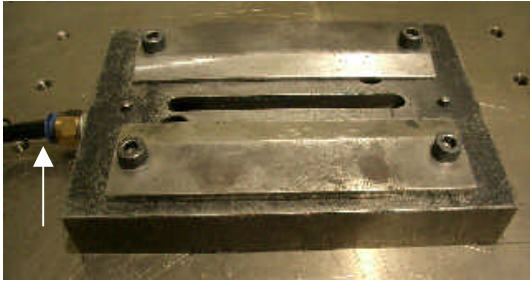


写真2 溶接用治具

方法を写真2に示す。裏ビードのシールド方法として、シールドガス注入口からシールドガスを注入し、裏ビードへのバックシールドが行える溶接用治具を用いた。また、比較のため、シールドガス無しの場合も実験を行った。

2.3 溶接部の変色による評価

非常に活性な金属であるチタンは、溶接を行うと溶接部が空気中の酸素、窒素、水素と反応し、その状態に応じて溶接部が変色することが特徴である。チタンの溶接部の変色と特性の関係を表1に示す。この表は、溶接部の色により、溶接部の健全性を評価できることを示しており、溶接部の変色が銀色～青色の間で有れば、溶接部に大きな影響はない。しかし、青白色～黄白色になると、溶接部の延性が低下することがわかる。この関係から、各溶接条件で行ったビードオンプレートによる溶接部の変色(外観色)で評価した。

表1 チタンの溶接部の変色と特性¹⁾

溶接部の変色程度	溶接部の特性	溶接技術検定における合否
銀色	コンタミネーションのない健全な溶接部である。	合格
金 麦色	ほとんどコンタミネーションのない健全な溶接部である。	
紫 青色	溶接部表面の延性に少し影響する。しかし、その性質にほとんど影響が無いと見て良い。	
青白色 灰色	かなりのコンタミネーションがある。薄板の溶接部では延性がかなり低下する。	不合格
白色 黄白色	溶接部は脆弱となる。	

3. 実験結果

溶接材料は、純チタン2種(板厚1mm)、系チタン(板厚3mm)の2種類、ノズルについてはノズル、ノズル、ノズルの3種類を用いて、ビードオンプレートによる実験を行った。純チタン2種における表ビードの外観色の結果について表2に示す。ノズルでは、溶接速度が低速になるにつれて溶接部の外観色が悪くなるのがわかる。この原因は、低速になるにつれて入熱が大きくなり、通常のノズルでは、完全にシールド出来る範囲が小さいため、ノズルが移動することでシールドガスの保持が出来なくなり、溶接部の温度が下がる前に大気と触れることが原因と考えられる。

一方、ノズルでは、どの溶接速度においても溶接部の外観色が金色となった。また、溶接速度における変化もなくなることがわかった。これは、ノズルにアルミ箔を巻くことにより、シールドガスを保持できる範囲が拡大し、溶接部がかなり低い温度に達するまでは大気と遮断されていたと考えられる。

ノズルでは、どの溶接速度においても、外観色が銀色となり、更に外観色が良くなるのがわかった。また、溶接速度による外観色の変化もなくなった。この結果、ノズルを用いることで、溶接部が更に低い温度になるまで大気と遮断できていたと考えられる。

また同様に、系チタンにおける表ビードの外観色の結果を表3に示す。純チタン2種と同様に実験を行い、ノズル、ノズル、ノズルと変更するにつれ、外観色が向上した。また、溶接速度による溶接部の外観色の変化も無くなり、純チタン2種とほぼ同様の傾向を示した。ノズルの条件では、どの溶接速度においても外観色が銀色となり、シールドガス保持に効果があることがわかった。これらの結果から、

表2 純チタン2種の溶接条件による表ビード外観色

	溶接速度		
	3m/min	4m/min	5m/min
ノズル	青	紫	麦
ノズル	金	金	金
ノズル	銀	銀	銀

表3 系チタンの溶接条件による表ビード外観色

	溶接速度		
	2m/min	2.5m/min	3m/min
ノズル	青白色	青	麦
ノズル	麦	金	金
ノズル	銀	銀	銀



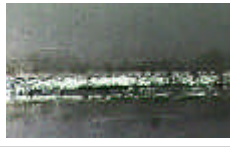

	ノズル を使用	シールドガス無し
純チタン 2種		
系 チタン		

図2 純チタン2種，系チタンの表ビード外観状態

ノズル を用いることで，溶接部の外観色が向上し，溶接速度による影響がなくなることがわかり，このことが，チタンのレーザー溶接においてシールドガスの保持に効果があることがわかった。裏ビードについては，純チタン2種，系チタンどちらにおいても，外観色は銀色となった。

比較のため，ノズル を使用した場合とシールドガス無しの場合の外観状態を図2に示す。ノズル で溶接を行った溶接部の外観色は，銀色で金属光沢があった。シールドガス無しの場合，溶接部の外観色は灰色で，金属光沢がなかった。このことから，溶接部の外観色同様，金属光沢の有無が，外観色の評価の参考になることもわかった。

4. 適用事例

4.1 チタン製ゴルフヘッドへの適用

系チタンの結果から，実製品への応用展開を図った。適用製品は，チタン製ゴルフヘッド，溶接材料は，系チタン（板厚3mm）である。レーザー出力3500W，溶接速度2.5m/min，センターシールドはノズル を用いて流量50L/min，バックシールドは溶接用治具を用いて流量10L/minの溶接条件でレーザー溶接を行った。溶接方法を図3に示す。溶接方法 では，溶接治具に材料を取り付け，溶接を行った。表ビードの外観色は，灰色及び青白色，金属光沢なしとなり，シールド性が悪いことがわかった。この原因は，溶接材料の肩部からシールドが流れ落ち，シールドガスがうまく保持できていないことが考えられる。これを改善するため，溶接方法 で溶接を行った。この方法では，材料周辺を，事前にシリコンゴムで型取りしたものを取り付け，その外側に鋼板で平面を作り，広範囲にシールドが保持できる状態にした。この結果，表ビードの外観色は，銀または金色，金属光沢有りとなった。溶接方法 を用いることによって，ゴルフヘッド肩部からシールドガスの流れ落ちを止めることができ，その結果，溶接部のシールドガスが保持される。また，裏ビードの外観色は溶接方法 ， のどちらの場合も銀色となった。

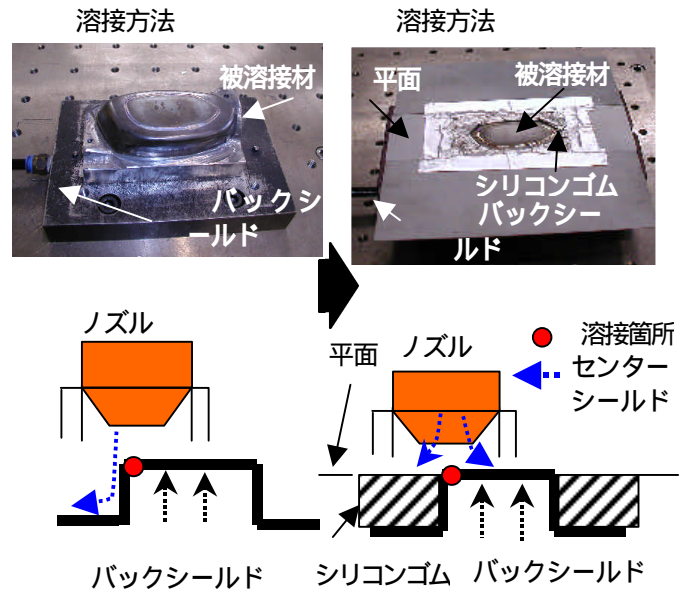


図3 チタン製ゴルフヘッドの溶接方法

今回の研究で用いたノズルでは，被溶接材料側においてもシールドガスを保持できる方法を併せて用いることが重要であり，このような手法を用いることでレーザーによるチタンの溶接性を改善できる。

4.2 チタン製容器への適用

次に，チタン製容器（縦150mm横80mm高さ60mm）に適用した事例を示す。溶接材料は，純チタン2種（板厚1mm）である。溶接継手の形状により，レーザー出力1500~2000W，溶接速度3~3.5m/min，センターシールドはノズル を用いて流量50L/min，バックシールドは流量10L/minの溶接条件でレーザー溶接を行った。溶接方法について写真3に示す。製品を溶接する際には，周辺部分に平面を作り，溶接部のシールドガスが保持できる方法を用いた。チタン製容器の溶接部の表ビードは銀または金色となった。また，裏ビードは銀色となった。4.1と同様，被溶接材料側においてもシールドガスを保持できる方法を併せて用いることが重要であることがわかった。

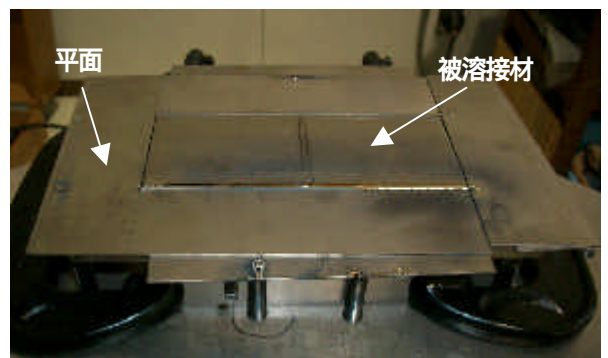


写真3 チタン製容器の溶接方法

5 . 結 言

チタンのレーザー溶接におけるシールド方法について検討を行った。基礎実験では、通常ノズルにアルミ箔を2重に巻いたノズルを用いることで、シールドガスが溶接部に比較的長い時間保持され、溶接部のシールド効果が向上することがわかった。更に、基礎実験の結果から、チタン製ゴルフヘッド、チタン製容器へ適用した。基礎実験で得られたノズルだけではシールド性が十分ではなく、被溶接材料側においてもシールドガスを保持できる方法を用いることにより溶接性が改善できることがわかった。

文 献

1) (社)日本チタン協会編：チタンの加工技術 日刊工業新聞社 P108