

ブルーレーザによる銅の溶接・積層造形技術

機械金属部 ○谷内大世 西海綾人 舟田義則

1. 目的

銅および銅合金は、高い電気伝導性や熱伝導性、優れた摺動性能に加え、抗菌・抗ウイルス性など他の金属材料にはない特徴を有しており、熱交換器、軸受、配管など様々な製品や部品に利用されている。一方、その加工方法として、レーザ溶接や近年注目のレーザ積層造形技術などの適用が求められているが、近赤外線領域の波長を使用する現在主流のレーザ装置では、銅に対する吸収率が低く、加工が難しいのが現状である。

本報告では、波長が 500nm以下で可視光線領域のブルーレーザについて、銅への吸収率の高さに注目し、銅に対する加工特性を調べると共に、溶接や積層造形への適用可能性を検討した。

2. 内容

2.1 銅に対するブルーレーザの加工特性

銅に対するブルーレーザの加工特性を近赤外線半導体レーザと比較して調べた。実験には、波長が 445nmのブルー半導体レーザ発振器を搭載した(株)村谷機械製作所製のマルチビーム式ブルーレーザ肉盛積層装置 (ALPION type-Blue) と、波長が 975nmの近赤外線半導体レーザ発振器を搭載した同社製マルチビーム式半導体レーザ加工機 (ALPION) を用いた。加工点での集光径は、それぞれφ0.26mmおよびφ0.28mmであり、ほぼ同サイズである。

これらの装置を用いて、厚さが異なる純銅薄板 (C1020) に対して出力を 3~300Wに変えながらレーザを 0.1 秒間照射した。板上に形成された照射痕を観察し、入熱不足で表面が溶融しない「未溶融」、一旦溶融し凝固した「溶融」、溶融が過度に進み孔を形成した「穿孔」に分類した。例えば板厚 0.03mmの場合、近赤外線レーザでは、出力 258Wで未溶融であるが 261Wで穿孔となる。一方、ブルーレーザは 42Wで未溶融であり、45W, 60Wで溶融、63Wで穿孔であった。これらの照射痕の外観写真を図 1 上に示す。同様な分類をレーザ出力を縦軸に、板厚を横軸にとり、「穿孔」を赤色、「溶融」を橙色、「未溶融」を青色の範囲で色分け整理したグラフを図 1 下に示す。溶融に必要な出力は、ブルーレーザの方が総じて小さく、これは、銅に対するブルーレーザの吸収率が近赤外線レーザに比べ約 6 倍高いことに起因し、銅の加工に対するブルーレーザの有用性が示された。また、穿孔を生じることなく溶融痕を形成する範囲（橙領域）は、近赤外線レーザに比べてブルーレーザの方が明らかに広い。厚さ 0.05mm以下の薄板に対して、集光径が板厚の 5 倍以上である φ0.26mmのレーザを用いて穿孔が生じることなく、溶融痕を形成することは困難であるに

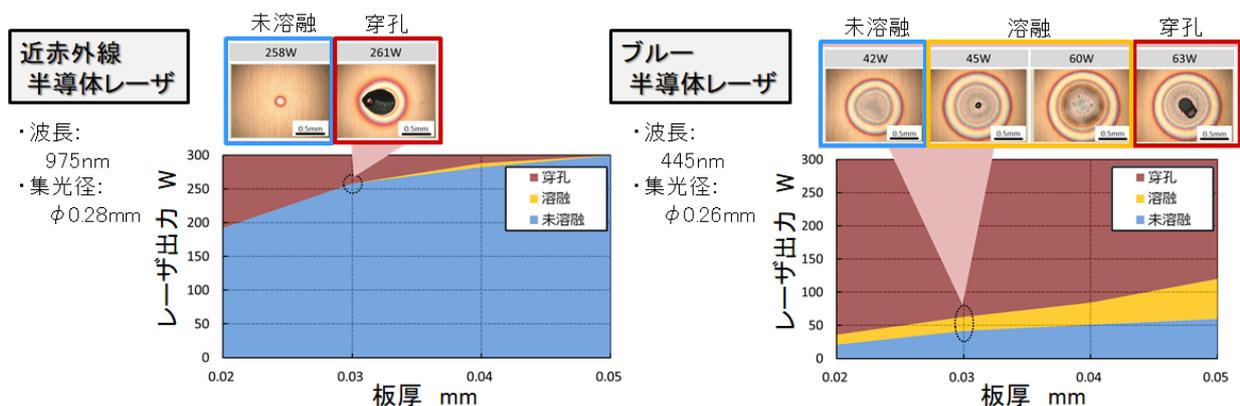


図1 純銅薄板 (C1020) に対するレーザ照射実験結果

もかわらず、ブルーレーザは幅広い条件範囲で安定した溶融痕の形成が可能である。これは、銅に対するブルーレーザの入熱制御性が近赤外に比べて高いことを示しており、吸収率の高さに起因していると考えられる。従って、薄肉で微細な部材を精密に加工する場合、吸収率を考慮したレーザ装置を選択することが重要であることを示唆している。

2.2 溶接実験

マルチビーム式ブルーレーザ肉盛積層装置を用いて厚さが 0.1mm で 15mm×50mm サイズの純銅薄板 (C1020) に対して突合せ溶接実験を行い、引張試験による評価を実施した。

図 2 にレーザ出力 180W で溶接速度 10mm/sec の条件で溶接した銅薄板について表側および裏側の溶接ビード外観の観察した結果を示す。図より割れやブローホールなど欠陥が全くない健全な溶接ビードが形成された。その幅は表側で 0.4mm、裏側で 0.3mm であり、板厚に対して数倍広いことから、その溶接形態は熱伝導型溶融と考えられる。そのため、スパッタやヒュームの付着のないクリーンな溶接が期待できる。

溶接体の引張試験結果は、破断位置が溶接ビード部であり、その強度は表 1 に示すように母材強度に比べて 39MPa 低くなった。断面観察では、スラグ巻き込みやブローホール等の欠陥が見られず、強度低下の原因は溶接熱による結晶粒粗大化と考えられる。

2.3 積層造形実験

200℃ に予熱したステンレス鋼板 (SUS304) にマルチビーム式ブルーレーザ肉盛積層装置を用いて純銅粉体を噴射しながら積層造形を行った。

レーザ走査速度 20mm/sec の条件で、幅 0.4mm の肉盛ビードをクロスピッチ 0.2mm で並べて層を形成し、高さピッチ 0.05mm で積層することによって、図 3 に示す 10mm×10mm×10mm サイズの直方体を造形した。レーザ出力は、造形部を肉眼で観察しながら赤熱状態が一定となるよう、積層と共に高くなるように調整した。その結果、空隙の少ない立体形状の造形物ができ、純銅の積層造形へのブルーレーザの適用可能性が示された。今後、造形中の赤熱状態をモニタリングし、状態が安定するようレーザ出力などを自動でフィードバック制御することで、品質の高い積層造形が可能になると期待できる。

3. 結果

- 1) ブルーレーザは、近赤外線レーザに比べて低出力で銅板の溶融が可能であった。
- 2) 孔のない正常な溶融痕の形成可能な条件範囲は、ブルーレーザの方が広がった。
- 3) 突合せ溶接では、板厚の 3~4 倍の溶接幅を有し、スパッタ等が無い溶接を実現した。
- 4) レーザ出力を適時調整することで、純銅の積層造形の可能性を確認した。

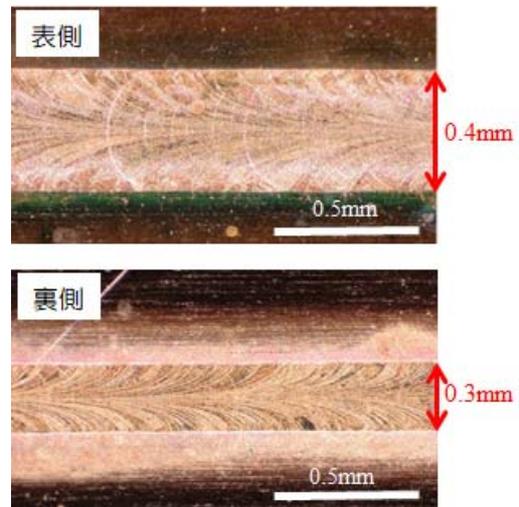


図 2 溶接ビード表側・裏側の外観

表 1 溶接体の引張試験結果

溶接体	母材	C1020 JIS規格
192 MPa	231 MPa	≥ 195 MPa

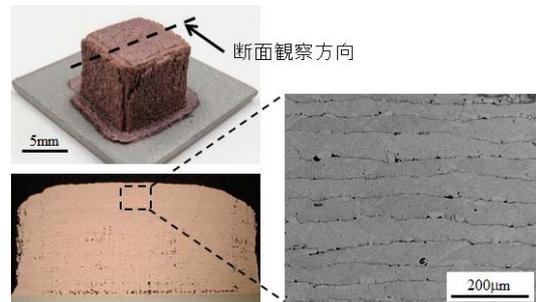


図 3 純銅の積層造形物