

レーザーによる金属と樹脂の接合

光科

株式会社新技術研究所

山下清光 渥美博安

平井勤二 菅谷卓生

Laser Joining of Metal and Plastic

Kiyomitsu Yamashita, Hiroyasu Atsumi, Kinji Hirai and Takutaka Sugaya

The joining of a metal and a plastic that Advance Technologies Inc. developed is technologies that unite molecules by heating. This technology was difficult for the joint of the complicated geometries in earlier heating methods.

Then, a metal and a plastic were welded with the laser that was able to be heated local, and welding strength for practical use was obtained.

1. はじめに

レーザーによる金属と樹脂の接合は、樹脂の金属へのアンカー効果によるものと言われている¹⁾。

株式会社新技術研究所が開発した金属と樹脂の新しい接合技術（CB処理）は、図1に示すように熱を加えることで分子レベルで結合反応をさせる新しい技術である²⁾。そのため、熱エネルギーの供給が必須である。

家電・情報機器、自動車用電子部品分野において、金属部品上に樹脂成形部品を接合させる構造の製品が多い。しかし、これらの製品は、製品全体に熱を加えることができないものや構造が複雑なものが多く、従来の熱板や超音波溶着法などで接合させることができない。このことがCB処理技術の実用化の妨げとなっている。

本研究では、CB処理技術の実用化に向けた金属と樹脂の新たな接合技術を開発するため、熱エネルギーを局所的に供給することが可能なレーザーを使用し、レーザー照射による金属と樹脂を溶着させる基本条件を明らかにすることを目的とする。

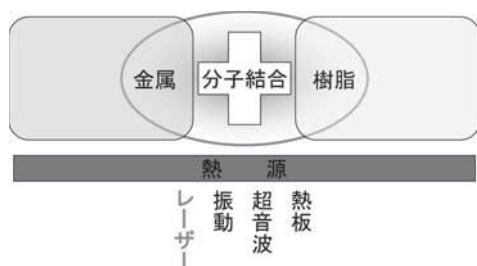


図1 レーザーマーキング繊維

2. 方法

大きく分けて下記の3項目の測定および実験を行った。

・樹脂の分光特性の測定

試料樹脂のレーザー波長に対する透過率を測定し、レーザー照射面を樹脂か金属かのどちらにするかを決定した。

・レーザー照射による金属表面の温度測定

樹脂の熔融温度のレーザー照射条件を見出すために行った。

・レーザー照射による金属と樹脂の溶着実験

温度測定より得た結果から、金属と樹脂の溶着を行い、引張試験により溶着の評価を行った。

2. 1 樹脂の分光特性の測定

樹脂素材のレーザー光の吸収透過性の測定方法 自記分光光度計UV3150（株式会社島津製作所製）を用いて、透過、反射特性の測定を行った。

測定は、積分球（150nm）で行った。波長は400nm～1200nmの可視領域から近赤外領域まで測定し、透過と反射から吸収率の算出を行った。

測定対象は、PA66、ABS、PC-ABS、PPS、PBT3300、PBT3316、PBT930HLである。

2. 2 レーザーによる実験

レーザー光源は、アルミニウムにも吸収のある波長808nmの半導体レーザーを選んだ。半導体レーザー素子は、JENOPTIK社製210Wファイバ出力型半導体レーザー（JOLD-210-CAXF-6A808）を使用し

【報告】

た(図2)。半導体レーザー素子の駆動には、(株)ユニタック製大出力LD電源(NELD1660)を、半導体レーザー素子の冷却には、リオン熱学(株)製レーザー用純水冷却装置(RC-250A-KE3B)を使用した。光ファイバを図3の集光レンズに接続し、固定治具に試験片を固定させ、レーザー溶着に使用した。



図2 半導体レーザー素子



図3 集光レンズと固定治具

2. 3 レーザー照射による金属表面の温度測定

CB処理により、金属と樹脂を溶着するためには、金属表面を樹脂の熔融温度以上に昇温し、金属表面に処理したCB処理の分子接合化合物と樹脂とを化学結合させる必要がある。

化学結合反応に最適な条件にするには、金属表面の温度を制御する必要があるので、レーザー照射において、照射時間に対する金属表面の温度変化を把握する必要がある。

(1) 試料

今回、溶着実験に用いた試料(金属、樹脂)を表1に記す。ただし、温度測定を行ったのは金属のみである。

表1 試料サイズ

試料		幅 (mm)	長さ (mm)	厚さ (mm)
金属	SUS304	20	80	1.5
	SPCC (冷間圧延鋼板)	20	80	1.2
	A5052 (アルミ圧延板)	20	80	1.5
樹脂	PA66(ガラス繊維添加)	20	80	3

(2) レーザー実験配置

光ファイバ先端を集光レンズに接続し、集光レンズと金属板の間にシリンドリカルレンズを設置した(図4)。金属表面におけるレーザーのビーム断面形状を図5のように楕円状にし、その長軸が金属端面から5mmの位置に配置した。

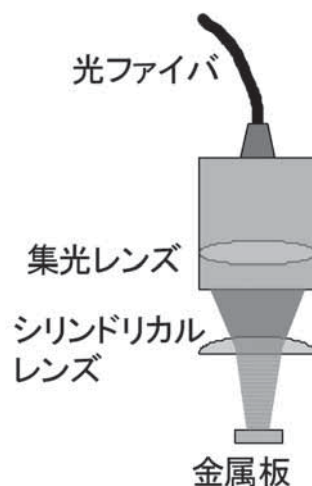


図4 実験配置

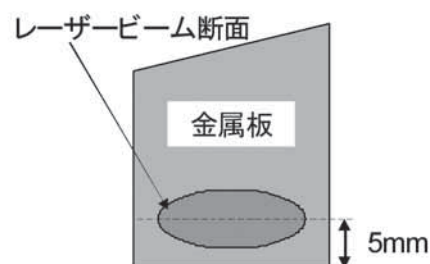


図5 レーザービーム断面

【報告】

(3) 温度測定

金属の温度は、図6のようにレーザーを照射する側の金属表面とは反対側の表面に3つの熱電対を配置し、断熱材で押し付けて固定し、測定した。

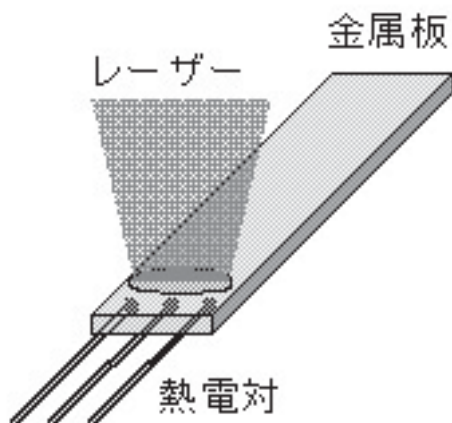


図6 温度測定

2. 4 レーザー照射による金属と樹脂の溶着実験

(1) 試料

溶着実験に用いる金属は表1の中で昇温し易いSUS304と昇温し難いA5052を選び、樹脂には溶着強度が見込まれるPA66（ガラス繊維添加）を選んだ。

SUS304、A5052ともCB処理されたものを使用した。なお、A5052には光吸収剤を塗布して溶着実験を行った。

(2) 実験配置

図7のように金属片と樹脂片を重ね合わせ図3の固定治具で固定し、ビーム断面を楕円状にしたレーザー（90W）を金属側から照射時間を変えて照射し、樹脂片と溶着させた。

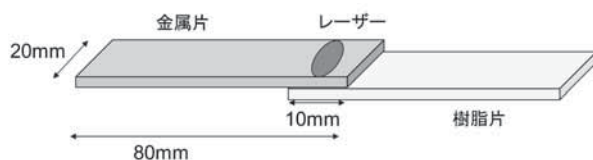


図7 金属と樹脂のセッティング

3. 結果

3. 1 試験樹脂のレーザー光の吸収透過性

試験樹脂のレーザー光に対する透過率を表2に示す。

ABSとPC-ABSは、今回使用するレーザー光の波長（808nm）に対して透過性が見られるが、その他の樹脂は透過性がなく、樹脂側からのレーザー照射で金属と接合させるのは不可能と考えられる。この結果から、本研究では、金属側からレーザー照射する方法をとった。

表2 レーザー光の透過率の測定結果

樹脂	色	波長808nmの透過率 (%)	波長808nmの吸収率 (%)
PA66	黒色	0	96
ABS	黄白色	33	33
PC-ABS	白色	25	24
PPS	肌色	1	28
PBT3300	黒色	0	95
PBT3316	黒色	0	94
PBT930HL	白濁色	3	20

3. 2 レーザー照射による金属表面の温度測定

現在、溶着目的で使用されている主要な樹脂の溶融温度が250℃近辺のものが多いことから、本研究では樹脂の溶融温度に250℃を代表値として実験を行った。

SUS304、SPCC、A5052の金属片にレーザーを照射し、250℃に昇温に要するレーザーの照射時間を図8に示す。ここで光吸収剤（オリエント化学工業（株））を塗布したものを「B」、塗布していないも

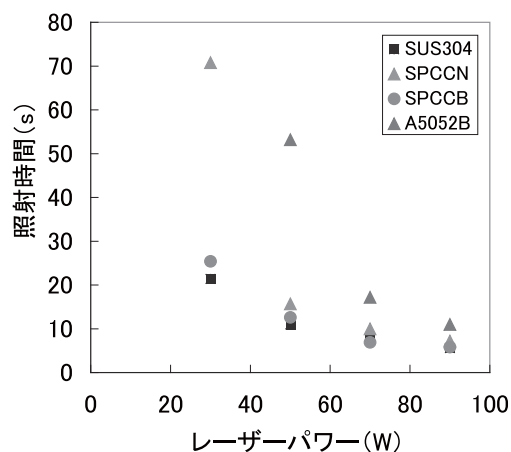


図8 金属表面を250℃に昇温するレーザーパワーと照射時間の関係

【報告】

のを「N」と記載した。A5052Nはレーザーパワー90W、100秒照射で250℃に昇温しなかったため、図8には記載していない。また、光吸収剤を塗布したA5052Bの20Wについても同じ理由から図に記載していない。

これより、照射するレーザーパワーが高いほど照射時間が短い時間で昇温できることを確認した。図9はレーザー（90W）照射による金属の温度の時間変化を示した。それぞれの金属試料において、表面温度が250℃を超えたらレーザーの照射を止めて測定したものである。

A5052N（光吸収剤塗布なし）は、レーザー（90W）を100秒間照射しても250℃を超えなかった。SUS304とSPCCに比べ、808nmの波長の吸収率の低いA5052は、光吸収剤を塗布することでSUS304やSPCCに近い照射時間で250℃に昇温することができた。アルミニウム材は光吸収剤を塗布しないと加熱が困難であることがわかったとともに、光吸収剤の効果が大きく現れ、その有効性がわかった。また、SPCCは素材自体が808nmの吸収率が高いため、光吸収剤の効果がA5052ほど現れなかった。

これより、光吸収剤の効果の度合いは金属の素材に依存することがわかった。

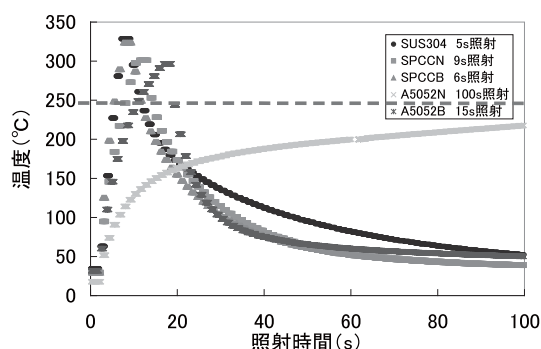


図9 レーザー90W照射の金属表面温度変化

3. 3 レーザー照射による金属と樹脂の溶着実験

図10にSUS304とPA66（ガラス繊維添加）のレーザー照射時間とせん断引張り強さの結果を、図11にはA5052（光吸収剤塗布）とPA66（ガラス繊維添加）の結果を示した。引張り強さの測定は、島津製作所製オートグラフAG-10TDを使用し、引張速度5 mm/minで行った。各試験片の溶着面積は、せ

ん断引張り試験後、溶着界面を剥離し、樹脂の溶融部の面積を測定した。

その結果、SUS304はレーザー（90W）を4秒以上の照射で溶着できた。また、A5052（光吸収剤塗布）はレーザー（90W）を130秒以上の照射で溶着できた。

SUS304とA5052（光吸収剤塗布）の溶着し始める照射時間はそれぞれ、4秒と130秒とで、照射したエネルギーとしては32倍以上異なる大きな差となった。

しかし、図9の温度昇温の結果から250℃に昇温するために必要なエネルギーはA5052B（Bは光吸収剤塗布を意味）はSUS304の3倍程度であり、図10、図11の溶着実験の結果と一致しない。

これは、A5052は、熱伝導率が高く熱が逃げやすいため、溶着に長い照射時間が必要になったと考えられる。そのため、アルミニウムのように高い熱伝導率の材料の場合、熱が逃げないように対策をする必要がある。

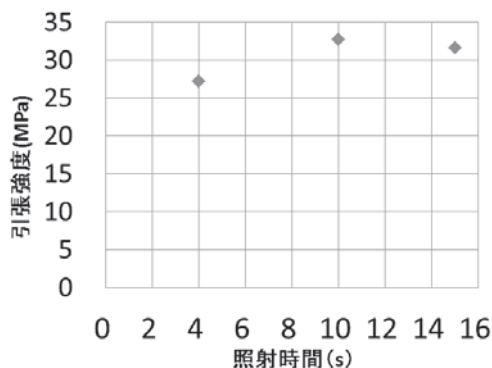


図10 レーザーの照射時間と溶着強度
(SUS304とPA66（ガラス繊維添加）)

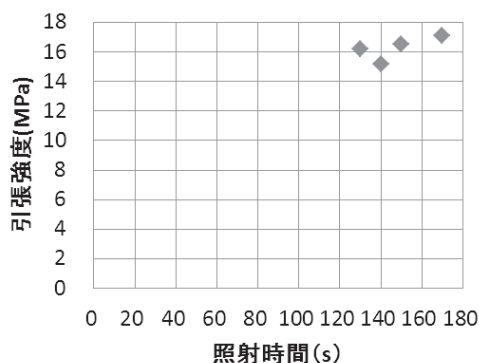


図11 レーザーの照射時間と引張強度
(A5052とPA66（ガラス繊維添加）)

【報告】

4. まとめ

CB処理技術の実用化を目的に局所的な熱エネルギーの供給が可能なレーザーを使用してCB処理された金属と樹脂を接合させる実験を行った。得られた結果は次のとおりである。

- SUS304、SPCC（冷間圧延鋼板）、A5052（アルミ圧延板）に対するレーザーパワー、照射時間の最適条件を見出した。
- SUS304とA5052（アルミ圧延板）とPA66（ガラス繊維添加）の溶着で、目標とするせん断引張り強さ6MPaに対して、SUS304で25MPa以上、A5052（アルミ圧延板）で16MPa以上と、十分高いせん断引張り強さを達成した。

今後は、実際の機器への応用を行い、実用化を目指す。

謝辞

本研究は、財団法人しずおか産業創造機構の静岡新産業クラスター研究開発助成を受けて実施したものである。

関係者各位に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 川人洋介他：金属と光透過プラスチックとのレーザー直接接合、第67回レーザー加工学会講演論文集、35-39.
- 2) 特開2011-052292「アルミニウム合金物品、アルミニウム合金部材およびその製造方法」