

低出力レーザー加工機によるアクリル板の接合加工

苫小牧高専 ○石田大也, 和泉陽也, 錦古里春樹, 池田慎一 旭川高専 中川佑貴

要旨

主に木材やアクリル板などの樹脂類の切断や刻印に用いられる組立式の安価な低出力レーザー加工機を使用し、透明アクリル板と有色アクリル板の接合を試みた結果、透明アクリル板と有色アクリル板の接合は加工条件（レーザー出力および加工速度等）により可能であった。接合可能であった試料は接合面をせん断する方向に引っ張るせん断強度および接合面に對し垂直に引っ張る引張強度で評価し、市販の接着剤を使用したときの接合強度とほぼ変わらないことを確認した。

1. 緒言

樹脂などのプラスチックどうしの接合方法にはボルトによるものや接着剤によるものなど様々な方法があるが、いずれも最終的な製品の軽量化やランニングコストの問題などメリット以上にデメリットが懸念されている。これらの問題を解決するために、部材同士を直接接着する技術に対する関心が高まっている。その一つの方法としてレーザー溶接が注目されており、既に多くの企業で実用化されており、上述した樹脂などの接合方法として有効な手段であることが確認されている。樹脂のレーザー接合は、装置のランニングコストが安価で、溶接部分の熱によるダメージが少ないというメリットがあるものの、レーザー光を十分に透過させる材料とレーザー光を十分に吸収させる材料の組合せに工夫を要する。また、レーザー接合のための装置が決して安価ではないということも挙げられる。

著者らのグループは安価で低出力の組立式レーザー加工機（青色半導体レーザー）を使用し、透明アクリル板と有色アクリル板の接合を試みている。その結果、透明アクリル板と有色アクリル板の接合は可能であり、加工出力、加工速度、透明アクリル板と有色アクリル板までのレーザーの焦点距離および有色アクリル板の色によって、接合後のせん断強度が異なることを確認している。さらに、同じ接合条件における接合強度の安定を実現するために、接合部を一定圧力で保持しながらレーザー接合を行い、同加工条件における接合強度の再現性も確認している。しかし、得られた接合部の強度が、例えば、一般的な接着剤に比べて十分であるかなどについては不明な点が多々ある。

そこで、本研究では、これまでと同様の切断や刻印のみに用いられる安価で低出力のレーザー加工機による透明アクリル板と有色アクリル板の接合において、接合部を一定の圧力で固定しながら、レーザー接合部のそれぞれのアクリル板の重なる部分を小さくし、試料幅方向に長さ10mm、

幅約1mmの直線となるよう各種加工条件でベクター加工を行い、接合部のせん断強度および引張強度について調査する。あわせて、市販の瞬間接着剤およびアクリル板用の接着剤の強度について調べ、レーザー接合による強度と比較することを目的とする。

2. 実験方法

本研究で使用する組立式レーザー加工機は株式会社 Smart DIYs の Smart Laser Mini である。このレーザー加工機は青色の半導体レーザーの仕様となっている。出力は3.5Wと低出力のレーザー加工機である。本研究で使用するダイオードレーザーは半導体レーザーとも呼ばれ、半導体の再結合発光を利用したレーザーである。出力は他のレーザーよりも劣るものの、ガス交換が不要で発振器そのものはメンテナンスフリーで使用でき、消費電力が少なく低コストでの運用が可能という特徴を持っている。なお、本レーザー加工機のレーザー光は青色レーザー光で、445nmの波長の可視光であるため、透明アクリル板の切断や刻印はレーザー光が透過してしまうためにできない。

次に、レーザー接合に使用する試料は幅20mm、長さ50mm、板厚2mmの有色アクリル板（パーミリオン）で、接合にはこの有色アクリル板に、板厚1mm（幅および長さは同じ）の透明アクリル板を使用する。透明アクリル板と有色アクリル板の接合は、図1に示すように、有色アクリル板の上に透明アクリル板を約5mm重なるように乗せ、重なる部分の中央（試料幅方向）に長さ10mm、幅約1mmの直線を約14N（面圧：約0.035N/mm²）の一定圧力で固定しながらベクター加工する。このときの加工条件はレーザー出力と加工速度を組み合わせ、レーザー光の焦点距離は通常の距離は3mmであるが、今回は焦点距離を15mmとする。



図1 レーザー接合後の有色アクリル板（パーミリオン）と透明アクリル板

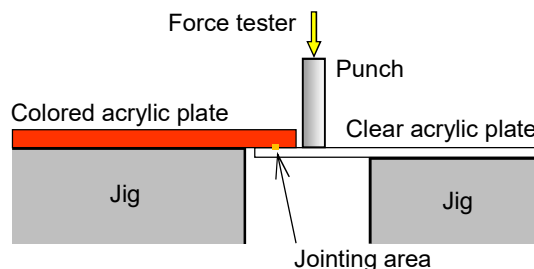


図2 有色アクリル板と透明アクリル板の接合部の引張強度測定概要

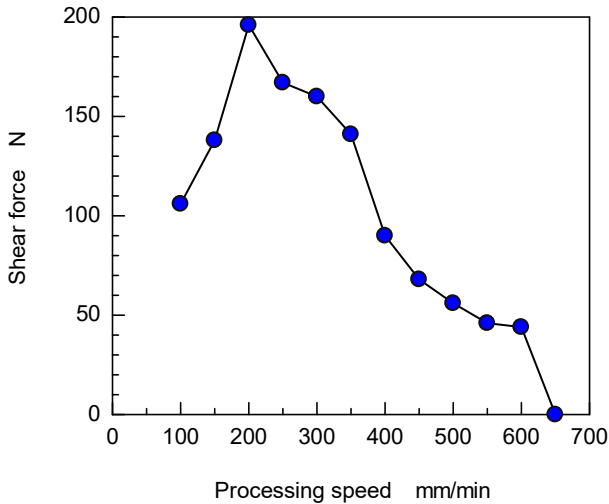


図3 有色アクリル板と透明アクリル板の接合部のせん断強度に及ぼす加工速度の影響

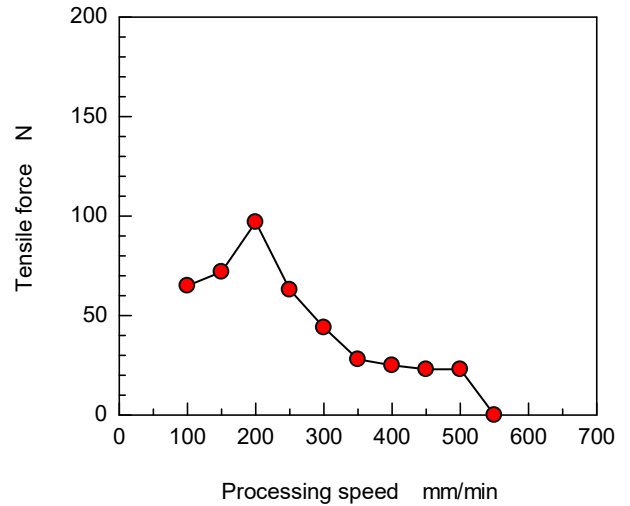


図4 有色アクリル板と透明アクリル板の接合部の引張強度に及ぼす加工速度の影響

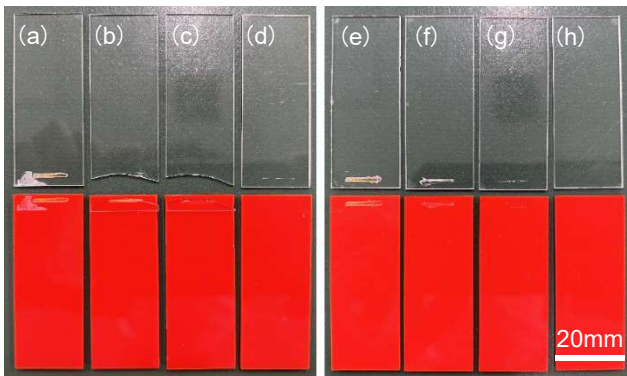


図5 有色アクリル板と透明アクリル板のせん断強度および引張強度測定後の接合面

加工速度：(a) (e) 100mm/min, (b) (f) 200mm/min,
(c) (g) 300mm/min, (d) (h) 400mm/min
せん断強度測定後の接合面：(a) ~ (d)
引張に強度測定後の接合面：(e) ~ (h)

以上の条件で接合を行ったときの接合部のせん断強度をフォーステスター（イマダ ZTA-1000N）で測定する。また、引張強度の測定方法については、図2にその概要を示す。引張強度は、治具の上に接合済みの試料を有色アクリル板が上になるように固定し、フォーステスターに取り付けたポンチで透明アクリル板を押し込み、接合部を上下に引っ張り破壊し求める。接合部および破壊後の破断面については光学顕微鏡で観察する。

3. 実験結果および考察

図3に透明アクリル板と有色アクリル板（パーミリオン）をレーザー出力100%、焦点距離15mmの加工条件でレーザー接合したときの接合部のせん断強度に及ぼす加工速度の影響を、図4に引張強度に及ぼす加工速度の影響をそれぞれ示す。接合部のせん断強度は加工速度100mm/minで約100Nを示し、200mm/minで最大の約200Nを示している。200mm/min以上では減少傾向を示し、600mm/minまでは接

合が可能であった。引張強度についても200mm/minで最大の約100Nを示す等、せん断強度の1/2の値となっているが、ほぼ同様の変化を示している。

図5に図3および図4における加工速度100、200、300および400mm/minのそれぞれの強度測定後の接合面の観察結果を示す。(a)~(d)において、加工速度100mm/minの接合面からは、有色アクリル板および透明アクリル板に明瞭な溝状のレーザー接合跡が観察され、剥離破壊が確認できる。200および300mm/minではレーザー溶接跡端部で透明アクリル板が破壊、つまり、接合面のせん断強度ではなく透明アクリル板の溝状のレーザー接合跡より破壊する加工点破壊が確認できる。400mm/min以上では接合面の接合跡は不明瞭で、接合部のみのせん断破壊が確認できる。

(e)~(h)では、せん断強度測定時にみられた加工点破壊は観察できなかったが、ほぼ同様の傾向を示している。レーザー光を透過する透明アクリル板とレーザー光を吸収する有色アクリル板の接合では、有色アクリル板の接合面が、発熱・熔融し、これらの熱が透明アクリル板に伝わり熔融し、最終的に凝固し接合が完了する。そのため、接合面でレーザーにより発生する単位体積当たりの熱量が最も大きい加工速度100mm/minでは、有色アクリル板に溝状の加工跡を生成し、この加工跡が接合面積を小さくするため、200mm/minに比べそれぞれの強度が小さくなったものと考えられる。200mm/min以上では接合に寄与するレーザーによる熱量が加工速度の増加と共に減少するためそれぞれの強度が減少傾向を示していると考えられる。

最後に市販の瞬間接着剤およびアクリル用接着剤を長さ10mm、幅約1mmの面積で接合し、せん断強度および引張強度を測定すると、どちらの強度も同じ値となり、それぞれ約100N、約25Nを示した。次にこれらの接着剤を接合面全体（20mm×5mm）で接合すると、それぞれのせん断強度および引張強度は、約230Nおよび約130N、約200Nおよび約100Nであった。今回のレーザー接合同様の接合面積では加工条件によっては接着剤以上の強度を示すことが確認できた。アクリル用接着剤を接合面積全体で接合した場合と比較しても、加工速度200mm/min、レーザー出力100%、焦点距離15mmの加工条件での強度は、接合面積が小さいにも関わらず、ほぼ変わらないことが確認できた。