

フェムト秒レーザー加工中の被加工物の温度分布測定

レーザー計測制御プロジェクトスタッフ 太田幸宏

Thermo Measurement on Target in Femtosecond Laser Processing

Yukihiro Ohta

1. はじめに

フェムト秒 (fs) レーザーは、ミクロンオーダーの加工が可能で、かつ、非熱的な加工が行えるため、微細加工に向けた極短パルス光源である。図1はfsレーザーをレーザーパワーを変えて透明アクリルに照射したときの加工痕である。ただし、繰り返し周波数は1kHz、照射時間は1秒である。この図より、レーザーパワーを増加させると加工痕が、7、13、42 μm と大きくなるのが分かる。しかし、図1(d)をみると、加工穴側壁周辺部は明らかに状態変化しているが分かる。レーザー加工による熱影響は、被加工物の物性を変えるため、特に微細加工において熱影響は極力小さくしたい。そのため、非熱的加工を維持しながら、どこまでレーザーパワーを大きくできるかが効率的な加工を行う上で重要である。

本研究では、fsレーザー加工中の被加工物の温度分布を測定した。

2. 方法

レーザー加工中の被加工物の温度分布はサーモグラフィで測定した。サーモグラフィとは、非接触で物体表面からの熱放射を分析し、温度分布として出力する装置である。一般にレーザー照射中の被加工物の観察は図2のAの位置にカメラを配置して行う。しかし、fsレーザーの集光レンズはサーモグラフィが測定に使用する波長の光をほとんど透過しないため、Aの位置から温度分布の測定はできない。そこで本研究では、①、②、③の位置にサーモグラフィを配置し、それぞれの位置における測定結果を比較した。

今回実験で使用したサーモグラフィは、感度波長が7.5~14 μm で、接写レンズ（作動距離：149mm、

分解能：150 μm ）と顕微レンズ（作動距離：50mm、分解能：25 μm ）を測定方法で使いわけた。

被加工物は、fsレーザーの特長を活かすため、他のレーザーでは加工が困難な透明アクリルとした。サーモグラフィによる透明アクリルの温度分布測定では放射率を0.98として行った。

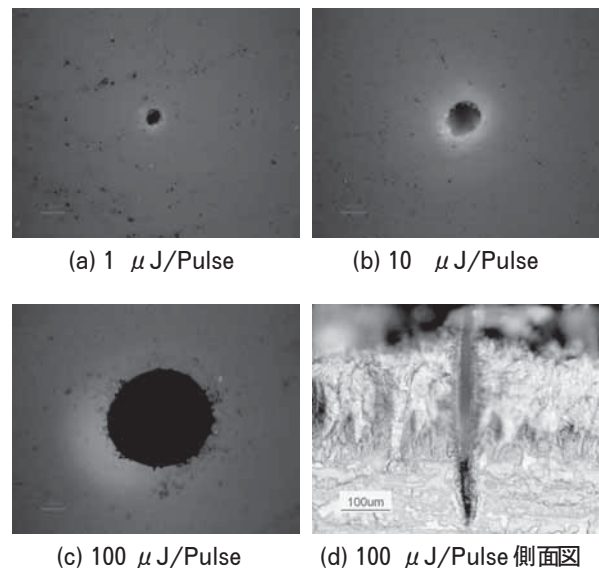


図1 フェムト秒レーザーの加工痕

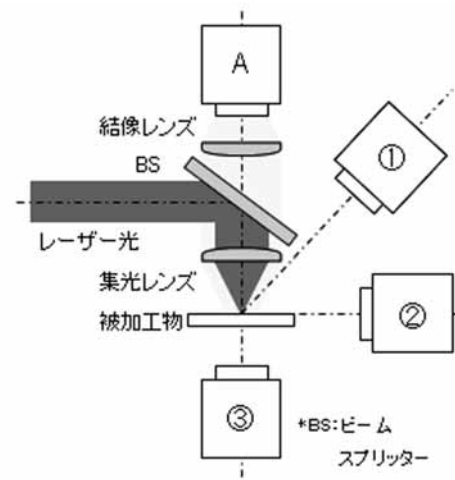


図2 温度分布測定機器の配置

3. 結果

サーモグラフィの各位置における測定結果を図3、図4および図5に示す。各図の(a)は、レーザーパワー100 μ J/pulseを照射したときの温度分布画像である。また各図の(b)は、レーザーパワーに対する最大測定温度である。

図3は、図2の①の位置から接写レンズを装着して測定した結果である。この測定で接写レンズを使用したのは、顕微レンズの外形は125mmと大きく、さらに作動距離が50mmと小さいため、顕微レンズを装着してサーモグラフィを配置することは空間的にできないためである。温度分布図から、レーザーの集光径と比較してかなり広い範囲で温度上昇が確認できる。またグラフから、レーザーパワーの増加とともに最大表面温度が増加することが確認できる。

図4は、図2の②の位置から顕微レンズを装着して測定した結果である。この測定では、被加工物の側面を削るようにレーザーを照射し、サーモグラフィが常に加工穴の側壁の温度分布を測定するようにした。図3と比較して、温度分布図の温度変化領域が大きいこと、グラフの値が大きくなったことは、分解能が高い顕微レンズを装着して測定したためである。グラフから、レーザーパワーが100 μ J/pulseのとき、最大温度が90℃付近まで上昇することが確

認できる

図5は、図2の③の位置から顕微レンズを装着して測定した結果である。fsレーザーは透明体内部に集光した場合、集光した部分だけを加工することが可能である。この特性を利用して、レーザー入射の裏面にレーザーを集光させて測定した。図4と比較して、温度変化領域が小さいこと、レーザーパワーが大きいために最大温度値が小さいことは、レーザーの集光レンズの焦点位置よりも手前で加工を行うために必要なエネルギー密度に達し、その位置から加工が始まり、レンズの焦点位置に到達するエネルギーが減少したことが原因と考えられる。

4. まとめ

fsレーザー加工中の被加工物の温度分布を3方向から測定した。今回サーモグラフィで温度分布を測定したことで、レーザー照射領域と比較して、被加工物の表面温度がかなり広範囲で変化することが確認できた。また、アクリルが固体から変化する軟化温度85℃以上になることが確認でき、図1(d)の加工穴側壁周辺部の状態変化が熱による可能性を推測できた。被加工物によらず高分解能で温度分布を測定する場合、②の位置からの測定が良いだろう。以上の結果を今後行う溶融検出に活かしたい。

