

[D23] レーザーマイクロ加工によるテフロン表面への撥水性構造の創成とその高性能化

05E1062 山村 裕臣 (指導教員 河村 良行 教授)

1. 緒言

レーザーは1960年に、T・H・メイマンがルビー結晶によるレーザー発振を初めて実現したことから始まり、そのレーザー光は人類が創り出した極めて純粋な光で、20世紀最大にして最後の発明と言われている。バーコード読み取り機、CD、DVD、ブルーレイディスク、レーザープリンタなど、これらはすべてレーザー技術を利用したものである。レーザー光は単一の波長であるため、レンズを用いて光を焦点に集束させることができる。この特徴により微小な面積に高密度のパワーが得られ、材料の加工が可能となっている。本研究では、紫外パルスレーザー(波長266[nm])を用いて加工対象となる材料を5軸加工台に配置し、任意の位置に移動できるように制御をして微細加工を行う。そして、ハスの葉のように微細な凹凸のある超撥水性を有する表面構造の製作とテフロンシートの光学的特性についても、その特性評価を行うことを目的とする。

2. 実験装置

加工するレーザーはNd:YAGレーザーを使用する。このレーザーは波長が4倍波:266[nm]、繰り返し速度が30[Hz]、最大出力が約0.55[mJ]である。ミラーで反射させながら加工物に導かれ、レーザー光は石英レンズのf=200(集光距離200[mm])とf=50(集光距離50[mm])を用いて集光させた。また、余分な光を遮断するためのピンホールには最も集光している部分を透過させる透明のOHPシート(厚さ0.1[mm]、材質ポリエステル)を用いた。図1に示すように加工台にはCCDカメラを設置している。このCCDカメラとモニター、石英レンズのf=250(集光距離250[mm])を用いて加工状態がモニターに拡大表示できるようになっている。全体の制御は、パソコン上で実行したVisual Basic 6.0のプログラムでTTLボードを通じて5軸加工台制御装置を制御して駆動する。直線軸で移動するX軸、Y軸、Z軸と、回転軸で移動するθ軸、ω軸の5軸で構成される。X、Y、Z軸の最小の送り量は1[μm]である。今年度の研究においてはθ、ω軸は使用していない。

3. 実験方法

3.1 実験材料

今回の研究では、実験材料にテフロン(PTFE=ポリテトラフルオロエチレン、フッ素樹脂)を使用する。テフロンの厚さは200[μm]及び50[μm]の材料を用いる。テフロン

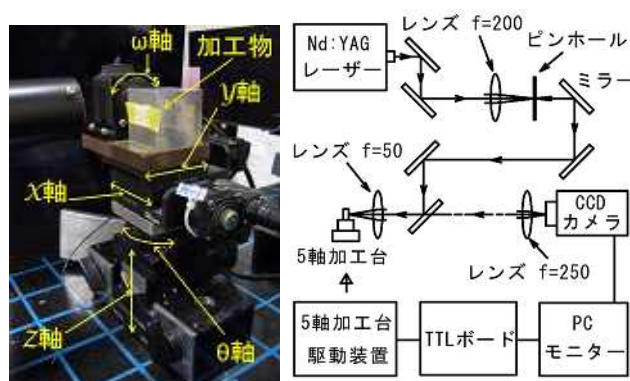


図1. 実験装置

は化学的に安定で耐熱・耐寒性、電気的特性、低摩擦性、耐薬品性、非粘着性、耐候性、難燃性に優れている。また、テフロンは現在までに発見されている物質の中で最も摩擦係数の小さい物質であることも特長の一つである。

3.2 プログラム

実験を行う際には昨年度にVisual Basic 6.0で作成された表面配列加工プログラムを使用した。このプログラムは加工するときに5軸加工台の動作とレーザーの照射を制御する仕組みになっている。この表面配列加工プログラムを用いて様々な加工条件・パターンを指定してテフロンを加工し、撥水特性を調べる。

4. 実験結果

4.1 テフロンシートの吸収係数測定

4.1.1 テフロンシート厚み200μmでの測定

テフロンシート(厚さ200[μm],50[μm])を図2のようにレーザー光が通る直線上に配置して、レーザー光がテフロンシートを通過する際のレーザー光の吸収係数について求めた。吸収係数はある媒質に光が入射した時、媒質が光を吸収する割合である。Nd:YAGレーザー装置から照射されたレーザー光が石英レンズを通過してジュールメーターに至るまでの間にテフロンシート1枚だけを置いた場合での吸収係数を求めた。図3のように求めた結果より言えることはテフロンシートが焦点距離(0mm)に近づいて行くほどに吸収係数は減少して、照射エネルギー密度が増加した。吸収係数を求める式は

$$\alpha = \frac{1}{L} \cdot \log_e \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

I_0 =入射光強度, I =透過光強度, α =吸収係数, L =物質厚さ

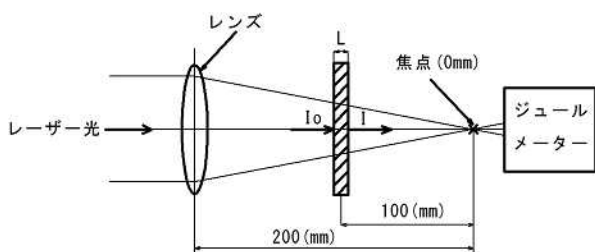


図2. 透過率・吸収係数の実験装置図

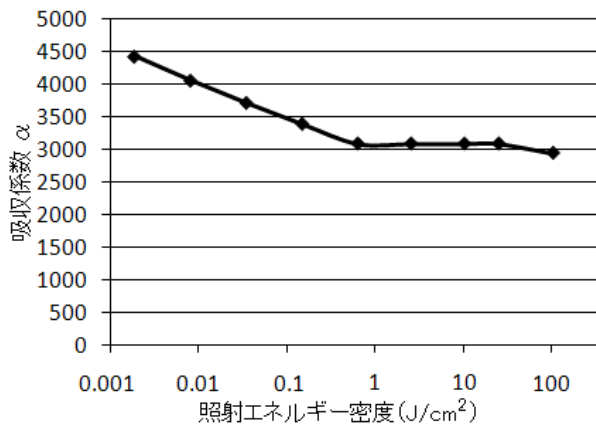


図3. 照射エネルギー密度と吸収係数の関係

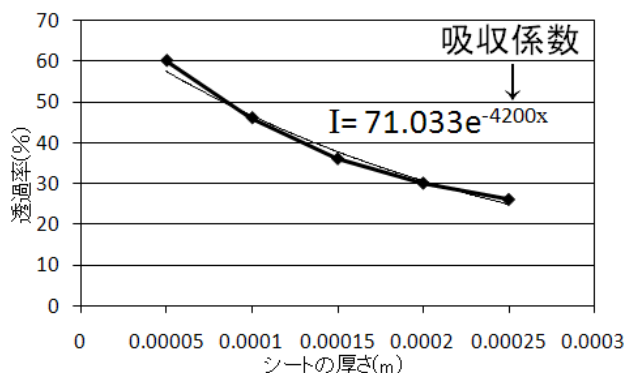


図4. 透過率とテフロンシート厚さの関係

4.1.2 テフロンシート厚み 50 μm での測定

図4における透過率は光学においては特定の波長の入射光が媒質を通過する割合のことである。測定はテフロンシート1~5枚を重ねた場合で行い、図4のグラフの近似曲線より吸収係数を求めた。

4.1.3 吸収係数についての考察

別々の手法で求めた図3と図4の吸収係数のグラフにおいて近似曲線で求められた吸収係数を比較すると、どちらの手法も照射エネルギー密度を約10~100[J/cm²]の範囲内で計測した結果、吸収係数の値が近くなった。

4.2 テフロンの接触角の測定

表面加工したテフロンの撥水特性を調べるために、液滴法という方法を用いて調べた。液滴法とは、固体表面に付着した液体と固体との親和性を、固体表面と水滴との接触角により表すものである。水滴がある物質に接触し

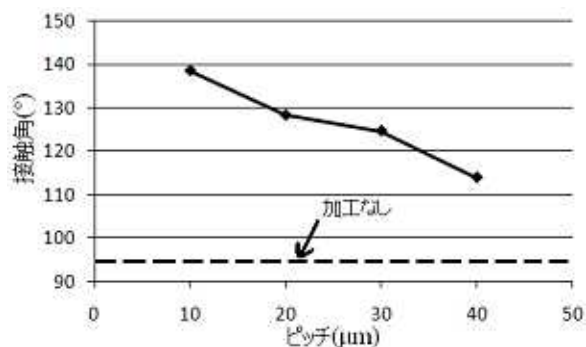


図5. ピッチと接触角の関係

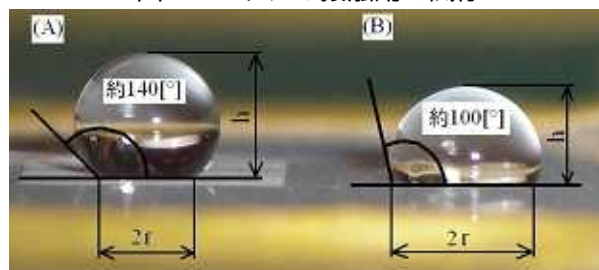


図6. 撥水特性 (A:表面加工あり,B:表面加工なし)

た時の半径と水の高さの頂点を結んだ角度の2倍を接触角と呼んでいる。この接触角が小さければ小さいほど、水滴が物質の表面に広がる状態になると撥水性が低く、水滴が球のようになると撥水性が非常に高いことになる。接触角を求めるための式は

$$\theta = 2 \cdot \tan^{-1} \left(\frac{h}{r} \right) \quad (2)$$

となり、 h は水滴の高さ[mm]、 r は水滴と物質が接触した位置での水滴の半径[mm]である。

昨年度と同様に加工ピッチ毎の接触角について測定を行った。昨年度は最小加工ピッチが15[μm]だったが、今年度は10[μm]での測定を行った。その結果、接触角の最大値130.2[$^\circ$](ピッチ15[μm])を上回ることができた。図5、図6の結果から見てわかるように、表面加工を行ったほうが約40[$^\circ$]も接触角が大きくなり、加工ピッチを狭めていくほどに接触角は大きくなって撥水性が向上していくことを確認できた。

5. 結言

- (1)テフロンを加工する際に、加工ピッチを小さくしていくほどに接触角が大きくなったので、加工ピッチが小さいほど撥水性が向上していることが分かった。
- (2)テフロン表面に加工を施してマイクロ水路・マイクロシャレ等を作り、その撥水性能の評価することを目標とする。

参考文献

- [1] 中井 貞雄：「レーザー工学」 オーム社
- [2] 平成19年度卒業論文「レーザーマイクロ加工による撥水性表面構造の製作と特性評価」福岡工業大学 工学部 知能機械工学科 中藤 拓也 指導教員 河村良行