

炭酸ガスレーザーによる木質円筒材の加工システムの開発

デザイン・工芸部 中村寿一，澤崎ひとみ

Development of the Woody Pipe Cutting System by CO₂ Laser

Toshikazu NAKAMURA and Hitomi SAWASAKI

炭酸ガスレーザーによる金属の円筒材の切断は、常に円筒材を回転しながら焦点の距離を一定に保ち、さらに円筒面に直角にビームを照射する必要がある。しかし、木質材料の切断においては、金属材料と異なり焦点がずれてもある程度の切断が可能であることが分かった。そこで、一般的なXYの同時2軸制御の炭酸ガスレーザー加工機で、ビーム照射中に木質円筒材を回転することなく切断する簡易な加工システムを開発した。現在、花器製品等の丸竹の切り抜き加工は手のこや小刀で行われているが、竹は堅くまた繊維方向に裂けやすい性質のため繊細な透かし加工は困難である。今回開発したシステムにより全く今まで不可能であった繊細な透かし加工を高精度で丸竹に施すことが可能になった。

Keyword：炭酸ガスレーザー，木質円筒，焦点，CAD・CAM，透かし加工

1. 緒言

本県は竹工芸品の産地であり、特に孟宗竹や唐竹の丸竹を切り抜いた花器は、京都等の華道家を中心に広く利用され特産品となっている。現在この丸竹の切り抜き加工は、小刀やのこ、のみ等を利用した手作業で行われているため、作業性が悪くまた繊細な切り抜き加工は困難である。木工NCルーター等の木工機械で切り抜き加工を行う方法も考えられる。しかし、丸竹のクランプが困難であったり竹は裂けやすく逆目の切断抵抗が大きいため、回転刃物では危険を伴い丸竹の切り抜き加工の機械化は困難である。

近年炭酸ガスレーザー加工機による木製品の加工が盛んに行われている。本県においても出力1kw程度の炭酸ガスレーザー加工機を利用して、仏壇の彫刻部品や人形部品、屋久杉工芸品、木製カヌーキット等の切り抜き加工が行われている。炭酸ガスレーザー加工機は本来金属材料の切断に利用されてきた機械であるが、木材加工においても繊細で正確な加工が可能であり、切断速度も非常に速く実用的であることが分かっている¹⁾。また孟宗竹や唐竹の炭酸ガスレーザーによる切断特性の研究も進められている²⁾。

現在、行われている金属円筒部材の加工では、円筒材を回転させながらレーザー加工する装置や3Dに加工する5軸制御加工機、あるいはそれらの複雑なNCデータを作成する3D・CAD・CAMソフト等の特殊な設備が必要である。本研究ではこれらの特殊な設備を利用することなく、広く利用されているXYの同時2軸制御の炭酸ガスレーザー加工機で、木質円筒部材に繊細な切り抜きを高精度に加工する簡易なシステムの開発を行った。

なお、本研究で使用した炭酸ガスレーザー加工機や工芸

品専用CAD・CAMシステムは、中小企業総合事業団が実施した「平成10年度ものづくり試作開発支援センター整備事業」で設備されたものである。

2. 焦点位置と切断可能範囲

2.1 平竹の切断試験方法

レーザービームの焦点を材料の表面に合わせこの位置を焦点位置0とし、徐々に材料から焦点を離し切断状況がどのように変化するか試験を行った。試験体は厚み8mmの表皮付きの唐竹を用い寸法は幅10mm長さ40mmとした。試験方法は、図1に示すように、1mmずつ高さをずらすことのできる階段状の治具を用いた。まず一番高い位置の試験体表面にレーザーの焦点を合わせ、この高さにレーザーノズル

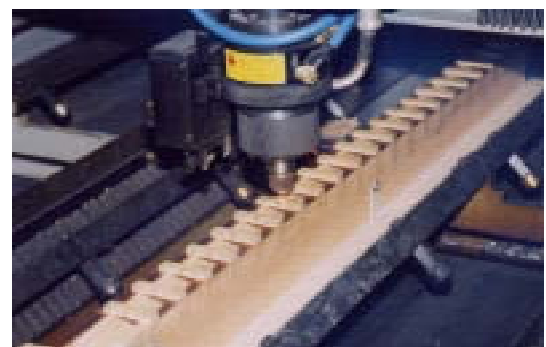
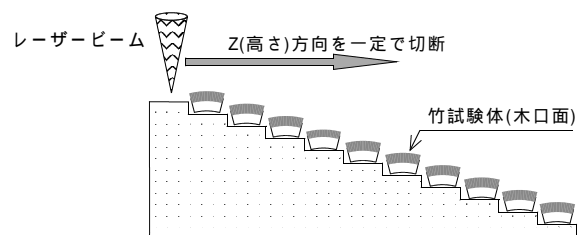


図1 焦点位置を変化させた切断試験方法

のZ方向の高さを固定する。高さを固定したまま平行移動し、試験材から離れた位置でレーザービームを照射する。出力が安定した後、レーザーノズルの高さを変化させずに、送り速度、アシストガス圧等の加工条件を一定に保ちながら全ての試験体を切断した。なお、レーザーの出力を50w、200w、350wの3段階に変えて試験を行い、試験体の表面の切断幅を測定した。試験に用いた炭酸ガスレーザー加工機の性能及び仕様を表1に示す。

表1 炭酸ガスレーザー加工機の性能及び仕様

連続出力	1.1kw
ワークスペース	1220×1220mm
移動方式	ビームXY方向、材料固定
同時制御軸数	2軸(X,Y)
切断速度	0~12000mm/min
繰返し位置決め精度	±0.01mm
Z軸移動範囲	90mm
制御方式	NC制御
メーカー	(株) 澁谷工業
型式	ファルコンS

2.2 平竹の切断試験結果

図2から分かるように、全ての出力において焦点が試験体から離れるほど切断幅が広がる。焦点が試験体表面に一致している0のとき、切断幅が0.2~0.3mmで焦点が20mm離れたときに切断幅が最大になった。出力350wにおいて最大の切断幅が2.8mm、出力200wでは2.3mm、出力50wでは1.8mmであった。

次に、完全に試験体の裏まで切断できたかどうかは、出力350wにおいて焦点と試験体表面までの距離が0mm~14mmまでは裏まで完全に切断できたが、15mm以上離れると切断が不可能になった。出力200wにおいては、焦点が12mm以上、出力50wにおいては、焦点が4mm以上離れると裏まで切断できなくなった。

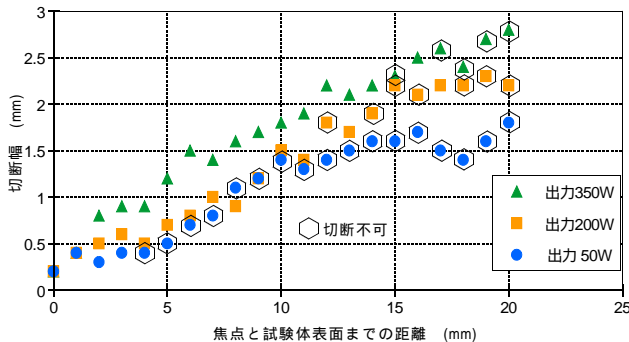


図2 焦点と試験体表面までの距離に対する切断幅の変化と切断状態
送り速度：1500mm/min アシストガス：3kg/cm²

このように、焦点が試験体の表面から離れるほど切断は困難になるが、出力を上げることで切断が可能になる。しかし出力を上げると切断幅が広くなり寸法精度が悪くなる。

2.3 丸竹の切断試験方法

丸竹の曲面の最頂部にレーザービームの焦点を合わせ、その高さにレーザーノズルを固定したまま水平に丸竹を切断し、完全に内側まで貫通した切断長さを測定した。このとき丸竹は回転させない。その試験方法を図3に示す。試験体は唐竹の丸竹を用いた。寸法は肉厚が約6~8mm、外径が約60~100mm、節間が420~510mmである。なお、レーザーの加工条件は、出力を350w、アシストガスエア-3kg/cm²で、切断速度を1500mm/minとした。

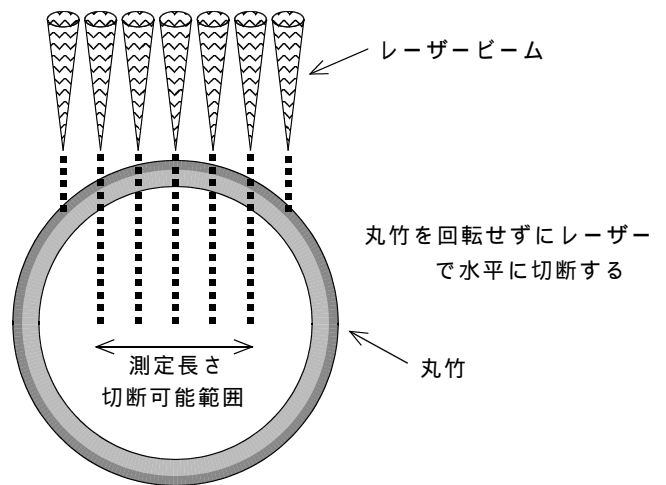


図3 焦点位置を固定した丸竹の切断試験方法

2.4 丸竹の切断試験結果

表2で分かるように、切断可能範囲は外径約50mmで20.3mm、外径約100mmで48.3mmであり、丸竹の外径が大きくなれば切断可能範囲も大きくなる。端になればなるほど焦点位置は材表面から離れ、さらに材料の切断厚さも増してくる。そのため丸竹曲面の頂点を中心に限られた範囲でしか切断できない。その範囲は丸竹の径によって異なり、丸竹の径が大きくなるほど曲面の傾きが緩やかであるため、竹表面とレーザービーム焦点位置のずれが少ないので切断可能範囲が広がる。逆に丸竹の径が小さくなると竹の曲面の傾きが急になるため、竹表面と焦点位置のずれがすぐに大きくなるので切断可能範囲は狭くなる。

表2 レーザーによる丸竹曲面の切断試験結果 (mm)

丸竹外径	切断範囲	丸竹外径	切断範囲
約 50	20.3	約 80	38.7
約 60	28.6	約 90	42.2
約 70	34.2	約100	48.3

試験材：唐竹厚み6~8mm 炭酸ガスレーザー出力：350w
送り速度：1500mm/min アシストガス：3kg/cm²

3. 炭酸ガスレーザーによる木質円筒材の加工システム

3.1 システムの概要

本システムは炭酸ガスレーザーで丸竹や木材等の木質円筒材の切り抜き加工を行うシステムである。前述したように木質の円筒材であれば限られた範囲ではあるが、円筒材の曲面を平面的に切り抜くことが可能であることが分かった。このことを利用して、円筒材を固定したままレーザーで平面的に切り抜き、次にレーザービームの照射を停止し円筒材を回転させ、回転が終了した後さらに次の切り抜きを行う。これを繰り返すことで円筒材の曲面全体に切り抜き加工を行うことができる。したがって、円筒部材専用の加工機械やプログラムソフトを使用することなく、広く普及している平板切断用のXY同時2軸制御の炭酸ガスレーザー加工機で、木質円筒材の切り抜きが可能である。

3.2 システムの構成

炭酸ガスレーザー加工機は、最大出力が1.1kw、軸制御はXYの同時2軸制御、定盤は固定でレーザービームノズルがXY軸方向に移動し、制御はFANUC 18-Mである。炭酸ガスレーザー加工機の性能及び仕様を表1に示す。

回転装置は、株式会社フジヤマ製、チャック可能な外径の範囲は50mm～150mm、最小回転角度は±1°、最大回転角度は±360°である。回転装置は炭酸ガスレーザー加工機のFANUC制御と連動しており、回転開始指令や回転完了指令の信号を炭酸ガスレーザー加工機に送り、炭酸ガスレーザー加工機の一時停止と運転開始の制御ができる。チャック可能な材料の重さは約8kgで、長さは制限がないが炭酸ガスレーザー加工機の最大加工長さが1200mmである。加工材が長くなるとクランプが不安定になるので、ローラの付いた治具で適当な位置で加工材を下から支える。

炭酸ガスレーザー加工機で丸竹を切断するとそのレーザービームはさらに突き進み丸竹の反対側の内皮を傷つけてしまうので、カーボン板を用いたレーザービーム吸収体を竹の内部に挿入して反対側にレーザービームが当たらないようにした。

図4に回転装置を、図5にレーザービーム吸収体を、図6に炭酸ガスレーザー加工機に回転装置を装着したところを、図7に全体のイメージ図を示す。



図6 木質円筒材の加工システム

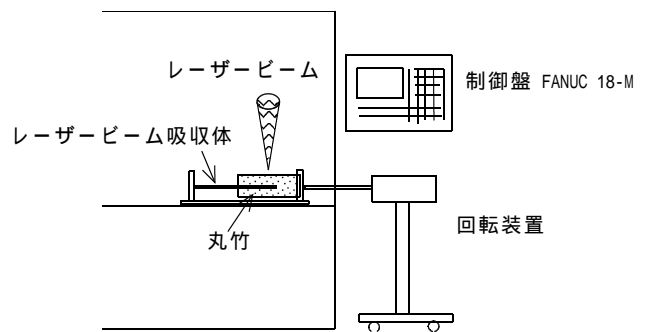


図7 システムのイメージ

3.3 回転制御プログラム

XYの同時2軸制御加工機械で用いる2次元NCプログラムの途中に、G301とA(回転角度)の2文字のコマンドを挿入することにより、NCプログラムで回転装置の回転と炭酸ガスレーザー加工機の制御を行えるようにした。例えばG301とA30を挿入すれば、炭酸ガスレーザー加工機はレーザー切断を一旦停止し丸竹が時計回りに30°回転したのち、炭酸ガスレーザー加工機は次の切断を開始する。プログラムのサンプルを図8に、その加工例1を図9に示す。



図4 回転装置



図5 レザ-ビ-ーム吸収体

```

00052
G92 X0 Y0 Z0
G98 P250 L1 (丸穴の加工)
G301 A15 (15°の回転)
G90 X15.
G98 P250 L1 (丸穴の加工)
G301 A15 (15°の回転)
G90 X30.
.
M30
%
```

図8 プログラムサンプル



図9 加工例1

3.4 展開CADフォーマット

円筒形の外径に対応した展開図を作成し、展開図には回転角度 1° ごとの周長ラインが示してある。例えば外径80mmの場合、展開図の長さは $80\text{mm} \times 3.14$ の 251.2mm となり、全体を360等分に分割した 1° の回転角度周長約 0.7mm ごとに縦ラインが示してある。この展開CADフォーマットに外径80mmの円筒状の立体形状をイメージしながらデザインCADを作成する。次に切断可能範囲で全体図を区切る。外径80mmの場合切断可能範囲は表2に示すように 38.7mm となり、展開CADフォーマット上に 38.7mm の切断可能範囲を示した枠が設けてあり、この枠が展開CADフォーマット上をフレキシブルに移動できるようになっている。切断可能範囲の枠で区切った後に、枠と枠との間の目盛りを数えることで回転角度が分かる。NCデータ作成において枠と枠の加工データの間にはG301とA(回転角度)を挿入する。図10に展開CADフォーマットとその加工例2を図11に示す。

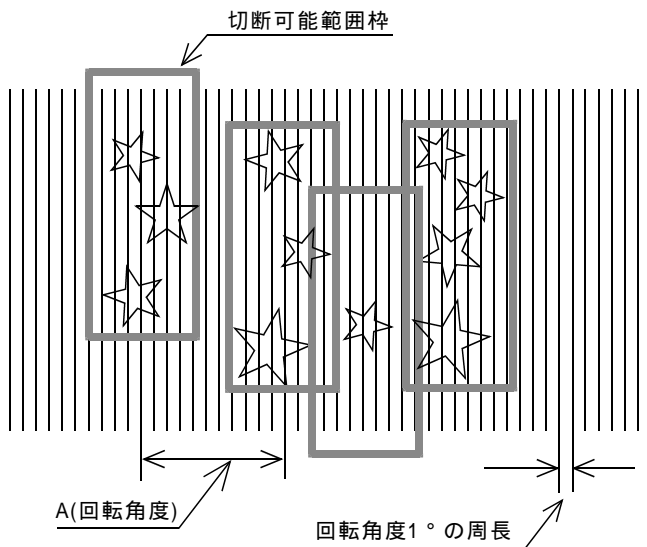


図10 展開CADフォーマット



図11 加工例2



図12 照明器具

4. インテリア製品への利用

従来の木質円筒材の木工NCルーターによる透かし加工では、回転刃による加工のため切削抵抗が大きく繊細な切断は困難であった。特に、丸竹は裂けやすく逆目の切削抵抗が極端に大きくなり危険を伴う作業でもあった。今回開発した炭酸ガスレーザーを用いた加工システムにより、丸竹等の木質円筒部材に安全に且つ精密な透かし加工を行うことができるようになり、照明器具や透かし加飾を行った小物インテリア製品への利用が見込まれる。製品化の例を図12に示す。

5. 結 言

今回、炭酸ガスレーザーを用いて丸竹等の円筒材に切り抜きを行う加工システムを開発した。システムの特徴を以下に示す。

- (1) 本システムは、木質の円筒材をレーザービームの焦点がずれても切断可能な範囲で水平方向に切断し、円筒材の回転は切断を中断して行うシステムである。
- (2) 炭酸ガスレーザーによる金属の円筒材の切断は、常に円筒材を回転しながら焦点の距離を一定に保ち、さらに円筒面に直角にビームを照射する必要があるため、3D加工用の特殊な機械やプログラムソフトが必要である。今回開発した木質円筒材の加工システムは、XYの同時2軸制御の一般的な炭酸ガスレーザー加工機で切り抜き加工を行う簡易な加工システムである。
- (3) 円筒材の直径に対応した展開CADフォーマットを作成し、その図面から回転角度を読み取ることができる。展開CADフォーマットを用いることで、円筒材の透かし加工のNCデータ作成が容易になり、イメージどおりの透かし彫刻デザインを加工することが可能である。
- (4) NCプログラムの途中に回転指令G301とA(回転角度)を挿入しプログラムによる自動運転が行える。

参 考 文 献

- 1) 中村寿一, 寺尾剛, 恵原要, 藤田純一, 山田淳人, 澤崎ひとみ: 鹿児島県工業技術センター研究報告書, 14, 7 (2000)
- 2) 徳永忠儀, 児玉俊則: 日本機械学会創立100周年講演論文集, 345, (1997)