

川辺仏壇の新設計・製造システムに関する研究 ()

- 炭酸ガスレーザー加工機を利用した製造システムの開発 -

デザイン・工芸部 中村 寿一, 寺尾 剛, 恵原 要, 藤田 純一, 澤崎 ひとみ, 山田 淳人*

Study on New Design&Manufacturing System of Kawanabe-Butudan ()

- Development of Manufacturing System using CO₂ Laser Machining -

Toshikazu NAKAMURA, Tsuyoshi TERAOKA, Kaname EBARA, Jun'ich FUJITA, Hitomi SAWASAKI and Atsuhito YAMADA

仏壇彫刻部品の生産の効率化と高品質化を図るために、平成10年度から炭酸ガスレーザー加工機を利用した仏壇部品加工システムの開発を展開してきた。平成11年9月に仏壇部品専用のCAD・CAMソフトを開発し、炭酸ガスレーザー加工機で透かし加工を行い、彫り師が手のみで仕上げ彫りを行う仏壇部品加工システムを実用化した。

その結果、糸鋸で透かし彫りを行う従来の作業方法に比べ約3倍の効率化を図ることが出来た。また、炭酸ガスレーザー加工の特徴を活かした繊細で精密な仏壇部品を用いることで、今までにない新しいデザインの仏壇を開発することが出来た。

1. 緒 言

川辺の仏壇の生産体制は分業方式になっており、彫刻部品業者は、組み立て仕上げ業者から彫刻部品の注文を受けて仕事を行っている。近年、中国等の外国から低価格の仏壇彫刻部品が大量に輸入されるようになり、地元で生産される彫刻部品の利用が激減している。仏壇の彫刻部品の生産は糸鋸や手のみによる手作業が中心であるため、人件費が日本に比べ極端に安い中国等の輸入部品に、価格面に対抗できない現状にある。

そこで、当センターでは平成10年度～12年度の3カ年で、仏壇彫刻部品の品質向上と生産の効率化を図るために、炭酸ガスレーザー加工機で木製の仏壇彫刻部品を加工する仏壇部品加工システムを開発しその実用化を行った。

平成10年度と11年度は、仏壇彫刻業者16社とソフト開発業者による仏壇部品加工研究会を設立し、仏壇部品加工CAD・CAMソフトを開発すると共に、炭酸ガスレーザー加工機を利用した仏壇彫刻部品の加工システムの実用化を行った。

平成12年度は、組み立て仕上げ業者3社を中心に小型仏壇開発研究会を設立し、仏壇部品加工システムで加工した部品を用いた新しいデザインの仏壇を試作した。炭酸ガスレーザー加工の特徴を活かし、繊細で精密な彫刻や屋根部品、木地部品、金具部品等を利用した仏壇製品の提案を行うことが出来た。

なお、この研究は中小企業総合事業団の「ものづくり試作開発支援センター整備事業」の一環として行ったもので

である。

2. 仏壇部品加工システム

炭酸ガスレーザー加工機を利用した仏壇部品加工システムのフローを図1に示す。



図1 仏壇部品加工システムフロー

*大島紬技術指導センター

仏壇の彫刻デザインは、花鳥風月の具象的素材をモチーフにしたものが多く、それらのデザインは多くの曲線で構成されている。しかし、CADによる唐草等の連続した曲線のデザインの作図は容易でないので、本システムは職人が描いた手書きの彫刻図案を、スキャナーでラスターデータとして読み込む方式にした。次に輪郭データ自動抽出ソフトでベクターデータに変換し修正や編集を行った。輪郭データ自動抽出ソフトは、(株)クラボウ社製のKS/KL Windows-V3を使用した。

修正や編集を終えたベクターデータは、DXFデータに変換しNCデータ作成用CAMソフトに出力される。CAMソフトは、県内のソフト開発業者と共同で開発した炭酸ガスレーザ加工機専用の、仏壇部品加工CAMソフトである。このソフトは、輪郭データ自動抽出ソフトKS/KL Windows-V3と、炭酸ガスレーザ加工機のファナックNC制御システムとの互換性を重視して開発した。また、本システムを仏壇業界が共同で利用することを想定し、企業別あるいは仏壇のデザインに影響を与えている仏教の宗派別に保存できるように、データベースの機能も充実させた。仏壇部品加工CAD・CAMシステムを図2に示す。

今回用いた炭酸ガスレーザ加工機を図3に、その性能及び仕様を表1に示す。炭酸ガスレーザ加工機は(株)澁谷工業のファルコンSを用いた。

機種を選定に当たっては、仏壇彫刻部品加工の実用性を最も重視し選定した。仏壇彫刻部品の材料は、主にベニマツやヒノキ等の無垢材が利用されている。炭酸ガスレーザ加工機で、一般的に加工されている鉄やステンレス材料は、大きさや厚みが規格化されているが、ベニマツやヒノキの無垢材は、幅、長さ、厚みが一定せず、樹皮が付いたものや反った材料等も多い。また木材は鉄やステンレスに比べ軽い材料でもある。したがって鉄やステンレスのように安定して固定できない。

そのため、木材を安定して固定するために、炭酸ガスレーザ加工機の切断方式をレーザノズルがX軸とY軸の2方向に移動し、加工材の木材は移動しない方式とした。このことにより、小さい木材でも容易に炭酸ガスレーザ加工を行うことができた。

最後の仕上げ彫りは、図4のように炭酸ガスレーザ加工機で切り抜いた後に、彫り師が手のみで立体的な仏壇彫刻部品に仕上げる。従来の糸鋸による加工では、糸鋸の切断面を手のみで平滑に削る必要があったため、手のみ彫りに長時間を要していた。本システムでは、炭酸ガスレーザ加工機の切断面が、手のみで仕上げたように平滑であるため、改めて切断面を手のみで仕上げる必要がなく、従来と比べ、作業時間が約1/3に短縮された。



図2 仏壇部品加工CAD・CAMシステム



図3 炭酸ガスレーザ加工機

表1 炭酸ガスレーザ加工機の性能及び仕様

連続出力	1,100w
ワークスペース	1,220×1,220mm
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



図4 炭酸ガスレーザ加工機で切断した後彫り師による彫刻部品の仕上げ彫り

3. 炭酸ガスレーザによる木材の加工特性

3.1 樹種と切断深さの関係

ケヤキ、カシ等の11種の樹種を用い炭酸ガスレーザ加工機の切断条件を一定にして切断深さを比較検討した。試験に用いた樹種の比重及び、切断方法、加工条件、試験結果を図5、図6に示す。

比重が大きくなるほど、切断深さが浅くなる傾向がみられ、比重と切断深さの相関係数は0.76であった。また、リュウキュウマツやツガ等の針葉樹は、晩材部と早材部の堅さの差が大きいため、切断深さの値にばらつきがみられた。一方、イスノキやオガタマ等の材質が均一な材は、切断深さの値のばらつきが小さかった。

3.2 繊維方向と切断面粗さの関係

ベニマツを用い切断方向が異なると切断面の粗さが、どのように変化するか調べた。切断加工条件及び、試験結果を図7に示す。

切断面は、切断深さが深くなるほど粗くなるが、木繊維の方向が異なると切断面粗さに大きな違いがあることが分かった。木繊維に直角に切断（横切り）する方が、木繊維に平行に切断（縦切り）するより、急激に粗くなることが分かった。板厚23mmに近い切断深さ21mmラインの粗さは、横切りの方が縦切りより3倍も粗くなった。

3.3 集成材の切断

接着剤の異なった3種類のヒノキ集成材とヒノキ無垢材、いずれも厚さ15mmを用い、接着剤が異なると切断性能にどのように影響を及ぼすか調べた。接着剤の種類及び、試験方法、切断条件、試験結果を図8、表2に示す。

酢酸ビニール樹脂接着剤を用いたヒノキ集成材は、無垢ヒノキ材と同等の出力で切断できた。水性高分子イソシアネート接着剤を用いたヒノキ集成材は、ヒノキ無垢材の切

断出力よりも、約1.5倍の出力を要した。レゾルシノール樹脂接着剤を用いたヒノキ集成材は、今回用いた炭酸ガスレーザ加工機の出力を最大限にしても、切断することは出来なかった。接着剤が集成材の切断性能に、大きな影響を与えることが分かった。

炭酸ガスレーザ加工機で集成材を加工する場合は、集成材に利用されている接着剤に合った加工条件を設定する必要がある。

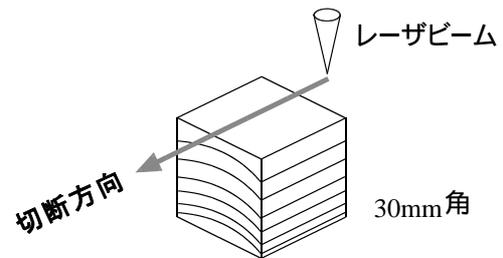


図5 樹種別比較試験，切断方向

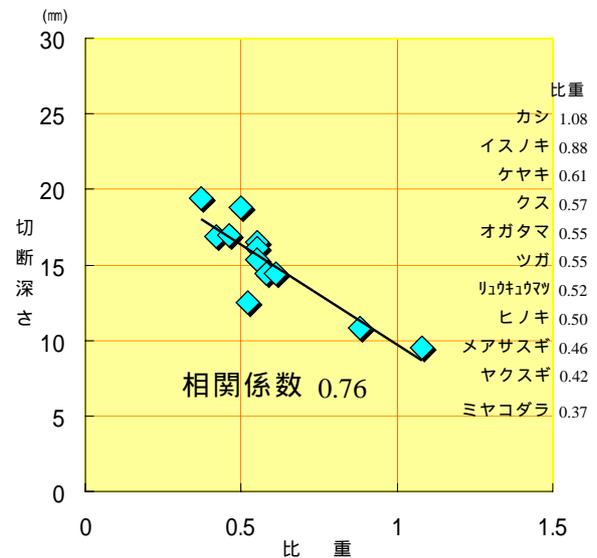


図6 樹種と切断深さの関係

加工条件 出力340w，送り速度1,500mm/分

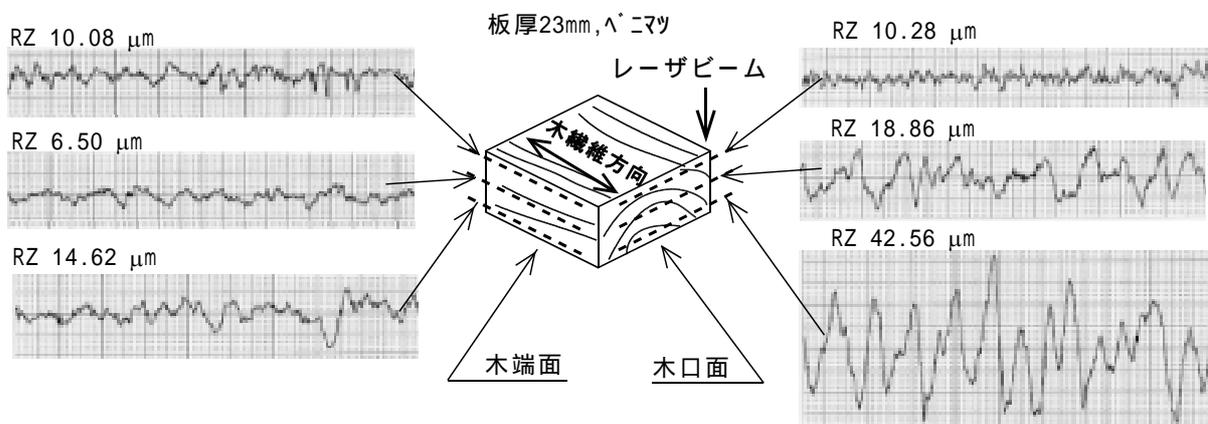


図7 木繊維方向と切断粗さの関係 切断条件：出力940w，送り速度1,500mm/分

3.4 含水率と切断深さの関係

全乾と生材状態に水分を調整したスギ材を用い、水分が切断深さに及ぼす影響を調べた。試験材の形状及び試験方法、試験結果を図9、図10に示す。

今回の試験結果では、生材と全乾状態での切断深さの差はあまりみられなかった。木材においては、生材と全乾状態の水分の差は大きいですが、高温で一気に切断する炭酸ガスレーザー加工においては、その程度の水分は切断性能に大きく影響を及ぼさないことが分かった。

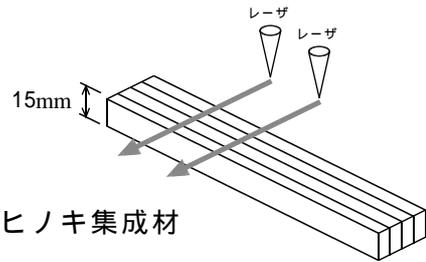


図8 集成材の切断性能試験方法

表2 集成材の切断試験結果

試験材	切断可能最低出力
ヒノキ無垢材	210w
酢酸ビニール樹脂	210w
水性イソシアネート	344w
レゾルシノール	1,090w切断不可

4. 炭酸ガスレーザーによる仏壇部品加工技術

4.1 ミクロジョイント

本加工システムで使用する炭酸ガスレーザー加工機のビーム焦点位置合わせ方法は、木材加工面をセンサーが接触して做う方式である。加工面に異常な突起物があるとセンサーが突起物に衝突し、加工機はアラームとなり非常停止する。仏壇彫刻部品は、複雑で微小な部品が多く、また加工木材の厚みが3mm~25mmと広範囲であるため、切断した部品が、完全に抜け落ちず異常な突起物として加工面に残る可能性が大きい。したがって、炭酸ガスレーザー加工機で木材の仏壇彫刻部品を加工するには、全てを切り落とさず一部を切り残すミクロジョイントが必要不可欠の要素である。

今回の実用化で、木材の仏壇彫刻部品の切断加工で用いるミクロジョイントの幅は0.5mm~1.0mmが適正であり、木繊維と平行な位置に設定すれば、加工後の部品の取り外しが容易であることがわかった。

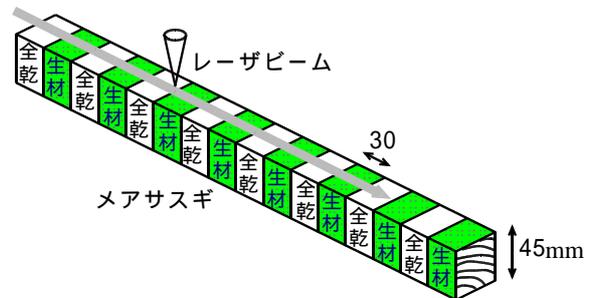


図9 含水率と切断深さの関係、試験方法

4.2 切り込み

炭酸ガスレーザー加工機の出力を調整して、切り抜き切断と同時に切断深さを調整した切り込み線を入れることにした。切り込み線の深さは、炭酸ガスレーザーの出力を変化させることで任意に設定できた。

出力の設定方法は、NCプログラムのTコードと、あらかじめ加工機側の制御に設定された任意の出力を対応させることで、NCデータで出力を調整できるようにした。また、CAD図面の線分を色分けし、自動でTコードが設定されるようにCAMソフトを構成した。

切り込み線が手彫り柄の目安になり、また木繊維が切り込まれているので、のみが入れ易くきれいな彫りを行うことができるようになった。

切り込み線の使用例を図11に示す。

4.3 両面切断

30mmを越える厚さの材料は、表と裏から2回に分けて切断する方法を行った。金属材料では、考えられない加工方

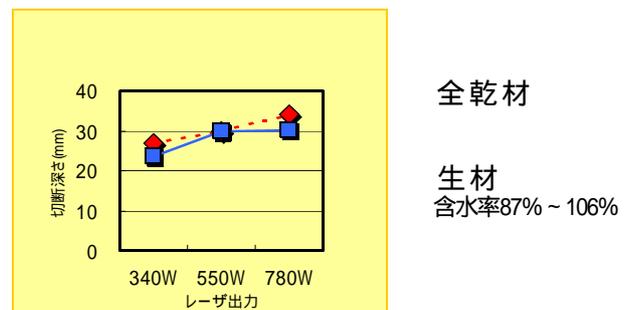


図10 含水率と切断深さの関係、試験結果



図11 切り抜きと切り込みを併用した部品

法であるが、木質材料では両面切断が可能である。両面切断では、加工材をひっくり返すので加工材の寸法精度を高めることと、治具を工夫することが重要である。

両面から切断することにより、切断面の凹面のえぐれが少なくなり、より垂直な切断面を得ることができた。寺用の大型彫刻欄間等の加工が可能になった。

5. 炭酸ガスレーザーによる仏壇部品の加工例

5.1 仏壇関連部品の加工

炭酸ガスレーザー加工機で切り抜いた後の、手のみ仕上げ彫り作業を図12～図14に示す。炭酸ガスレーザー加工機による精密仏壇彫刻部品の加工例を図15～図18に示す。

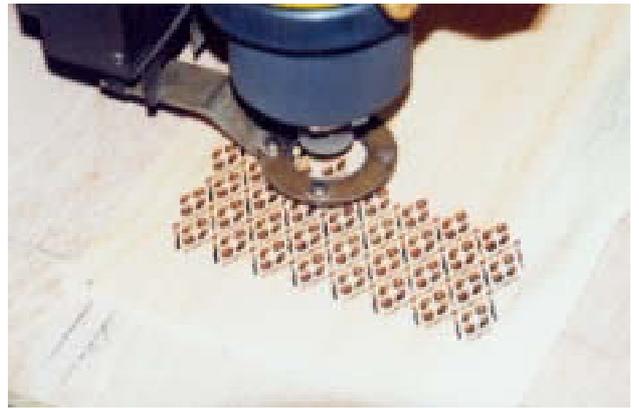


図15 精密彫刻部品の加工例 1



図12 仏像光背の加工

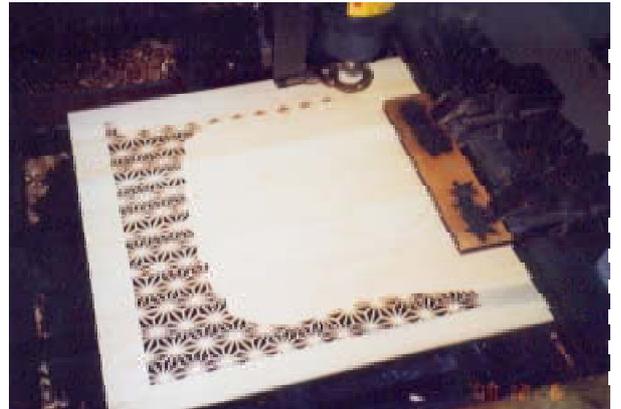


図16 精密彫刻部品の加工例 2



図13 寺彫刻部品の加工



図17 炭酸ガスレーザーで加工した屋根部品



図14 寺欄間部品の加工



図18 図17の屋根部品を組み立てた図

5.2 仏壇製品開発

炭酸ガスレーザー加工機で精密な切り抜きを行った彫刻部品を用い、これまでにないデザインの仏壇を企業と共同で開発した。開発した製品を図19～図23に示す。



図19 レーザ加工部品を利用した製品1



図20 レーザ加工部品を利用した製品2



図21 レーザ加工部品を利用した製品3



図22 レーザ加工部品を利用した製品4



図23 レーザ加工部品を利用した製品5

6. 結 言

仏壇部品の加工に、炭酸ガスレーザー加工機を利用することで、従来の糸鋸による加工方法に比べ、約3倍の効率化を図ることが出来た。また、手加工では不可能な繊細で精密な加工を行うことが出来るようになった。炭酸ガスレーザー加工部品を利用することで、今までにないデザインの仏壇製品の開発が可能になった。

仏壇業界は、仏壇彫刻部品専用のCAD・CAMシステムを導入し、炭酸ガスレーザー加工機を利用する体制を整え、本格的に商品化を進めている。近年、中国等から輸入される低価格仏壇製品との競争が激しくなっており、今後は、炭酸ガスレーザー加工機による新技術を利用し、他産地と差別化されたデザインの商品開発を推進する必要がある。

