

研究ノート

高速スピンドルを用いた木工用多軸穿孔加工機の試作とその可能性

福田聡史*1、柴田美代子*1、太田幸伸*1

Trial Production and Feasibility Study of High-Speed Multi-Spindle Drilling Machine for Wood

Satoshi FUKUTA*1, Miyoko SHIBATA*1 and Yukinobu OHTA*1

Industrial Technology Division, AITEC *1

木材へ穿孔を施すために、高速スピンドルを用いた多軸穿孔加工機を試作した。本機は既製の NC ボーリングマシンの加工ヘッドに、相互の間隔を可変できるスピンドルを 5 本備え、穿孔パターンに自由度を持たせることを特徴とした加工機である。スギ板目材へ深さ 42mm の加工を検討した結果、木目の影響によるドリルの折損が問題となったが、加工条件を適切に選択することによりドリルの耐久性は向上した。加工能率はスピンドル軸数に依存するが、スピンドル軸数 30 個を想定した場合、12mm ピッチの穿孔を幅 120mm の材料に、概ね 1000mm/min 加工できることが予測された。

1. はじめに

著者らは、木材の圧密加工や含浸処理に関する一連の研究において、試料へ穿孔加工を施すことを特徴とする新たな加工プロセスが、圧密加工の生産性向上、含浸処理における薬液注入量を増大させることを報告した¹⁾²⁾。このような熱プレス加工および含浸処理を前提とした上で、試料に穿孔加工を施す手段として、高速スピンドルを用いた多軸穿孔加工機を試作した。

木材に対して同様の加工を施す手段としては、ウォータージェット、レーザーサイジング³⁾等が挙げられるが、ウォータージェットは、ドリルによる穿孔加工に比べ生産性や加工精度(制御)、設備コストのいずれの面においても劣っていると考えられる。レーザーサイジングは、加工効率に優れるが、設備が高価なこと、穿孔深さ・径の精密な制御が困難なこと等が挙げられる。それに対しドリルを用いる方法は、比較的安価で穿孔深さ・径等の制御ができる。その中で、多軸ドリルヘッドを用いる場合は、ドリル回転速度が遅く高速加工が困難で穿孔パターンも限定されるのに対し、高速スピンドルを連装する機構を適用することにより、高速回転が可能で穿孔パターンの自由度が向上する。

そこで本研究では、既製の NC ボーリングマシンをベースに高速スピンドルを複数軸設けて制御する加工機を試作した。本報では、加工機の特徴、木材への加工特性、ドリル欠損に対する検討および実用化の可能性について報告する。

2. 実験方法

2.1 加工機の主要諸元

試作した加工機を図 1 に示す。ベースになった NC ボーリングマシンはシンクス製 SNCB-25Z、特注のヘッド部に取り付けたスピンドルはスギノマシン製 SSV2-CM である。スピンドル軸数は最大 5 軸とし、穿孔パターンの自由度を得るためスピンドル軸はヘッドのレールにホルダーを介して取り付け、間隔・軸数は任意に調整可能とした。また試作機は、アームの昇降によって、取り付けられたスピンドル全部が Z 軸方向に駆動する機構となっている。主要な諸元を以下に記す。

(テーブル寸法) X: 2,000mm, Y: 500mm

(最高移動速度) X,Y: 25000mm/min, Z: 60000mm/min

(回転数) 2,000 ~ 15,000rpm, max 20,000rpm

(モータトルク) 600N・mm (2,000 ~ 15,000rpm)

2.2 穿孔加工条件

被削材は、主にスギ気乾材の板目材 (L:2000, R:45, T:120mm) とし、厚さ 45mm に対して深さ 42mm の穿

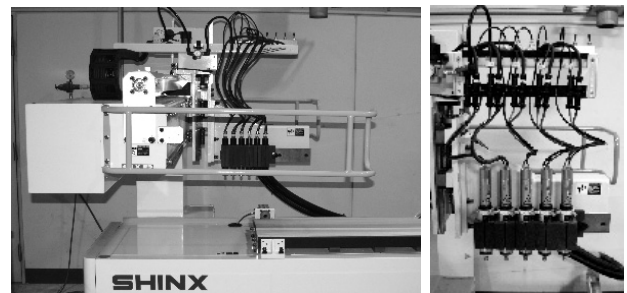


図 1 試作加工機 (右はスピンドル部分)

*1 工業技術部 応用技術室

孔加工を施した。ドリル径は 1.2 ~ 1.8mm、工具突出し長さは 55mm、回転数は 10,000rpm、Z 軸送りは 4000mm/min とした。

2.3 ドリルの耐久性評価

ドリルの耐久性評価は、1.2, 1.4, 1.6, 1.8mm のドリルを各スピンドルに取り付け、上述の穿孔加工条件のもと無節の材料を加工し、ドリルが折損する穿孔数を求めた。

3. 実験結果

3.1 加工特性

加工トルクは、被削材の加工部位によって著しく変動した。ドリル径 1.8mm で節の部分以外を加工した場合、加工トルクは 12 ~ 28N・mm、節部では 60 ~ 108N・mm であった。この様に節部の所要トルクは極めて高かったが、生節の部位においてドリルの折損は生じなかった。

図 2 に加工時の模式図、図 3 にドリルの耐久性を示す。図 2 の様にスギ材やカラマツ材等の早・晩材部の密度差が大きい被削材では、年輪傾斜の影響によってドリルは屈曲し (図 2 (a))、その変形が繰り返された後ドリルは折損した。これは曲げ疲労の蓄積によるものと推察される。そこで、ドリルの突出し長さをドリル径に応じて適宜長くしたところ (図 2 (b 右))、ドリルの曲率は大きくなり折損の頻度は減少した。従って、図 3 のとおり一定の突出し長さにおいて小径のドリルほど耐久性が高かった理由は、ドリルの変形に対してたわみ量が大きく影響したためであると考えられる。

死節の部位ではドリルは折損した。これは、ドリルに極端な曲げ変形が生じ最大曲げ応力を超えたためと考えられる。

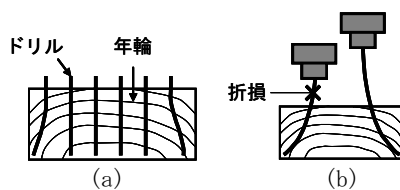


図 2 加工時の模式図

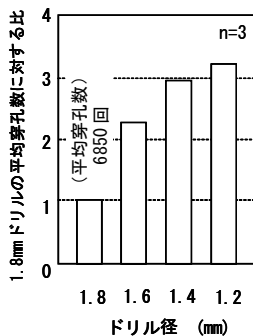


図 3 ドリルの耐久性 (突出し長さ: 55mm)

3.2 高速化、生産性向上の検討

生産性向上のためにはスピンドルの多軸化、高速化が求められる。そこで Z 軸送り速度の増大を検討したところ、アームを含めたスピンドルの慣性質量の影響により 4m/min 以上の速度の増大は不可能であった。従って、さらにスピンドル軸数が増えた場合、試料側の駆動あるいは、各軸ごとの独立駆動等の改良が必要である。送り速度の増加を目的にドリルの高回転化を検討したところ、工具突出し長さが長い場合回転数の上昇とともに工具先端部に振れが発生して穿孔位置が正確に定まらず加工が困難であった。例えば直径 1.8mm のドリルではおよそ 14,000rpm が限界であった。これらの結果に基づき、実用化を考慮した加工機の素案を図 4 に示す。スピンドルは 1 軸毎に Z 軸駆動できる機構とし、死節はテーブルへの搬入の段階で位置を検知し、その部位のみ加工をキャンセルできる機構・加工プログラムが適当と考えられる。現状の加工条件ではスピンドル軸数 30 を想定した場合、12mm ピッチの穿孔を幅 120mm の材料に、概ね毎分 1000mm 加工できることが予測された。

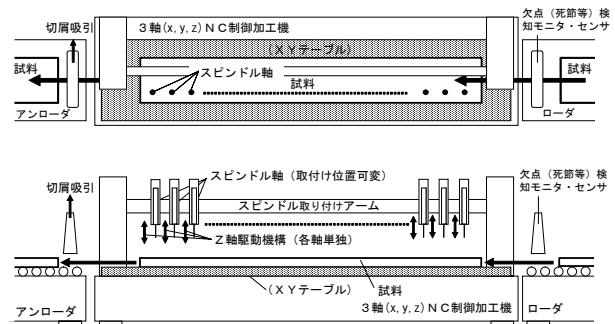


図 4 加工機素案

4. 結び

穿孔加工は木材中の気体や液体の透過性を向上させ、圧密加工や含浸処理を効率的に行う手段として有効である。ここでは、木材に穿孔加工を施すことを目的に、高速スピンドルを用いた多軸穿孔加工機を試作した。実用化のための課題として、ドリルの折損対策と加工速度 (生産性) の向上が挙げられ、今後はその改善が望まれる。

文献

- 1) Fukuta, S., Asada, F., Sasaki, Y.: *Forest Products Journal*, **58**(7/8), 82 (2008)
- 2) Fukuta, S., Asada, F., Sasaki, Y.: *Journal of Wood Science*, **54**, 100 (2008)
- 3) Md. Nazrul Islam, Ando, K., Yamauchi, H., Kobayashi, Y., Hattori, N.: *Journal of Wood Science*, **53**, 436 (2007)