

振動特性を応用した木材の裁断技術の開発研究

石井信義・山本幸雄
日田産業工芸試験所

Development of Wood Clipping Method Using Vibration Character

Nobuyoshi ISHII・Yukio YAMAMOTO
Hita Industrial Art Research Division

要旨

本研究は、ナイフ状工具刃物に振動特性を与え刃物の挙動によって、木材を分断する方法を採用するための応用研究として、超音波振動（出力30W，発信周波数20KHZ）を付加したナイフ（ミニカッター）での切断（以下、裁断）加工実験を行った。

その結果、（1）繊維方向の裁断加工では、試験片の厚み2（mm），3（mm），そして、含水率10～20%，30～40%，50～60%すべてにおいてムリなく裁断加工が可能であり、分断面の焦げや刃先の異常（焼け）は認められなかった。

（2）年輪方向（木口方向）では、裁断加工は可能であったが、木口分断面（特に晩材部）に焦げが発生した。また、刃物先端部に焼けが生じた。裁断加工の際の含水率の影響については、含水率が高くなるほど刃物の損傷（焼け等）は少なくなる傾向を把握した。

1. はじめに

振動切削加工とは、工具の刃先に強制的かつ規則的な振動を付加して、振動1周期毎に断続的な切削加工を行う加工法である。振動切削は通常切削で、十分な仕上げ面性状が得られなかったり、工具磨耗が激しく正常な切削を維持できない場合など、良好な切削を行うことが困難である時に適用され、その有効性がすでに確認されている。

振動特性を応用した木材加工に、
「ナラ・ブナ材の回転切削加工」、
「ハードボードの打ち抜き加工」、
「スギ気乾材のスライサー加工」等、あるいは振動切削加工に関する理論的解析の報告はあるものの、厚板類（5mm以上）の分断加工への適応例についての報告は見られない。1), 2), 3), 4)

従来、木材の切断加工には、鋸刃（回転運動や往復運動）による切断加工が一般的であり、種々の加工機械や手のこなど様々な手法が採用されている。これは、鋸刃によって、木材を削り分断する方法であり、多量の鋸屑が発生し歩留まりの低下や鋸屑の処理、あるいは作業環境へ悪影響を及ぼしているのが現状である。

そこで、本年度は振動特性を応用した一連の切削加工の報告を参考にしながら、木材（板類や角類等）の裁断加工時における鋸屑の除去方法の指針を得る目的で、ナイフ状工具刃物を使用して、その刃物に超音波振動を与え刃物の挙動による加工実験を実施した。そして、その結果を参考にし、今後の振動裁断加工技術について考察を行った。

2. 実験方法

2.1 裁断加工試験

2.1.1 供試材

供試材は、スギ板目材で試験片の寸法を50(T)×50(L)×3(R), 2(R) (mm)の2種類とした。試験片の含水率は、10～20%，30～40%，50～60%の3段階に調湿したものを使用した。調湿には、常温水(20±2℃)に浸せきした試験片の重量変化を測定して全乾法で算出した。含水率を3段階としたのは、木材に含まれている水分が裁断中に刃物工具に与える影響の度合いを把握するためである。

2.1.2 加工条件

裁断加工方向は、繊維方向と年輪方向（木口方向）の2種類として実験を行った。加工刃物の加工速度は、5mm/secとし、裁断角度は20度に設定し実験を行った。

Fig.1に裁断加工の状況を表した。

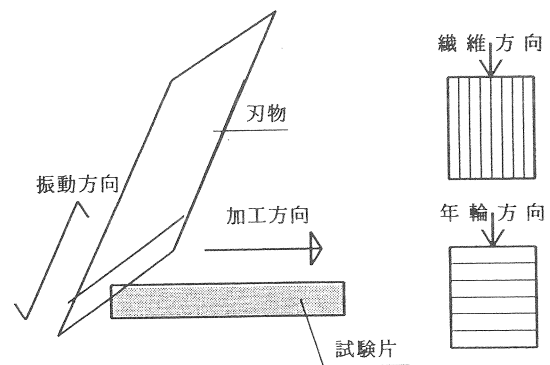


Fig.1 裁断加工

刃物の振動方向は縦振動であり、刃物部の最大振幅モードは $2 \times 10^{-5}m$ で、振動回数は1秒間に20,000回である。

振動挙動には、超音波装置（本多電子（株）製、USW-335）を使用し、ナイフ状工具刃物は、市販品のカッター刃（NT社（株）製D型用替刃、DC-200-30度）を使用した。カッター刃の素材は、炭素工具鋼SK-2である。

Fig. 2に本実験に使用した刃物の形状を表した。また、

Fig. 3と4に使用した発振装置一式の概要を表した。

Table1は、使用した発振機の仕様である。

3. 結果及び考察

ナイフ状刃物工具での木材の裁断加工には、被加工材条件として、樹種、比重、含水率、繊維の通直性、年輪密度、材温、および節などの諸要因が強く関係する。また、裁断条件としては、被加工材からは裁断幅、ひき板厚、裁断方向などが、機械側からは切削速度、送り速度、切り込み量がある。

工具条件には、材質、形状と寸法、刃先の諸角度、刃先の鋭利さなどを考慮しなければならない。

裁断加工の際のメカニズムは、工具刃先が被加工材に接し、力が加わることによって被加工材は刃先先端部で弾性変形を起こす。この力が抵抗値以上の大きになると刃先によって被加工材は2つに分離され、さらに刃先が中へくい込んで行き、これの連続作用で木材は分断される。⁵⁾

今回の実験では、裁断方向を2種類（繊維方向、年輪方向）、含水率を3段階（10~20, 30~40, 50~60%）に調湿した試験片で裁断加工実験を行った。

その結果は、すべての試験材に裁断加工を施すことが可能であり、裁断屑の発生も無く分断することができた。そして、詳細について下記の内容を把握した。

3.1 裁断方向による結果

(1) 繊維方向

試験材の厚み2mm, 3mmの裁断加工は、ムリなくスムーズに木材を分断することができた。分断面には木質部の抵抗等による焦げやむしれは生ぜず、欠点になるような異常は認められなかった。

また、晩材部と早材部の硬さの差についてもなんら影響がなく、分断面は滑らかであった。

(2) 年輪方向（木口方向）

試験材の厚み2mm, 3mmの裁断加工は、可能であり木材を分断することができたが、分断面、特に晩材部に焦げが発生した。これは晩材部の密度が大きく影響しており、刃先への抵抗が上昇して摩擦熱が発生したものと考えられる。

3.2 含水率の影響

繊維方向の場合2mm, 3mmの裁断加工は、含水率の高低には関係なくスムーズに刃物が動くことを確認した。

分断面も滑らかで、なんら欠点となるような異常は認め

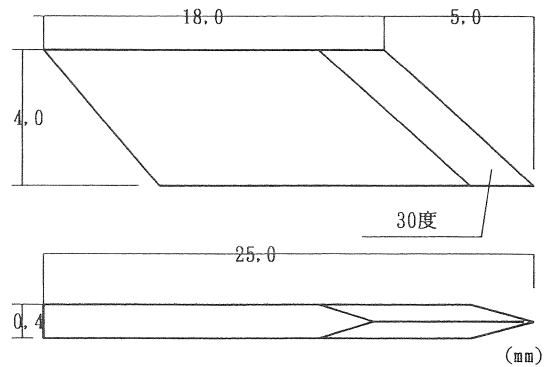


Fig. 2 刃物の形状

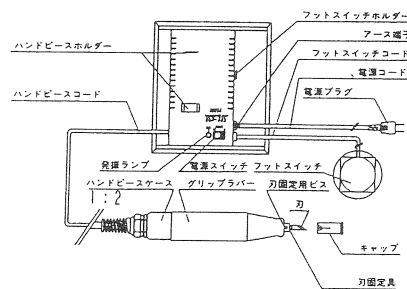


Fig. 3 超音波発振装置の概略図

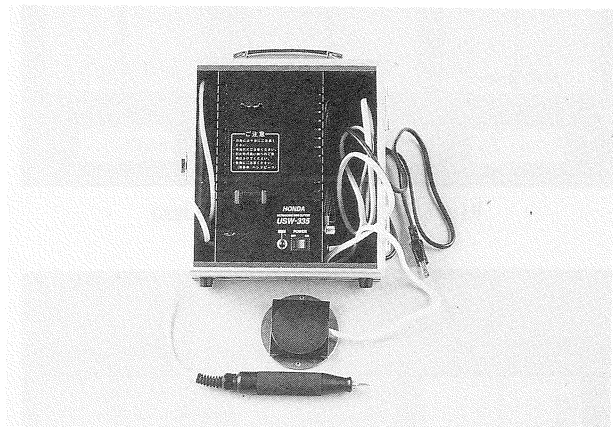


Fig. 4 発振装置

Table 1 発振機の仕様

電源	AC100V, 50/60Hz
消費電力	最大1A
出力	30W
発信周波数	20KHz
電源コード	1.5m
振動子	ボルト締めランジュバン型（φ15m）
ハンドピースコード	1.4m
フットスイッチコード	1.5m

られなかった。年輪方向の場合2mm, 3mmの試験材とも裁断加工による分断はできたものの、木質部の抵抗による摩擦熱が発生し、分断面に焦げが生じた。焦げの発生は、低含水率（10～20%）試験材が多く、焦げの度合いも炭化に近い状態であった。高含水率になるほど、焦げの発生率は低下の傾向を示し、含水率50～60%は晩材部に見られるのみであった。

木質部に含まれている水分の影響が、裁断抵抗を緩和し摩擦熱の発生を抑制しているものと考えられる。

Table 2に裁断加工実験結果を表した。Fig. 5～6には、試験材3mmの裁断後の状態を表した。

Table 2 加工実験結果

裁断方向 含水率 試験片	繊維方向			年輪方向		
	10～20	30～40	50～60	10～20	30～40	50～60
スギ/2	○	○	○	□	□	□
スギ/3	○	○	○	□	□	□

○…異常無し スギ/2…試験片材厚2mm
□…異常有り スギ/3…試験片材厚3mm

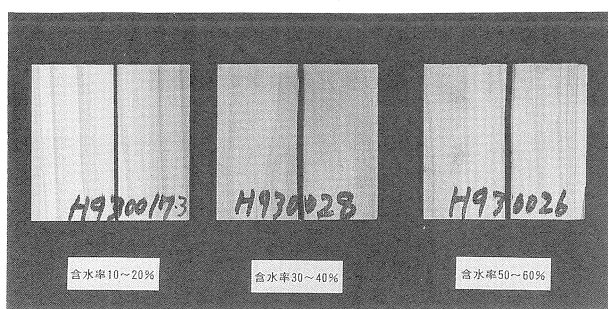


Fig. 5 裁断状態(繊維方向3mm)

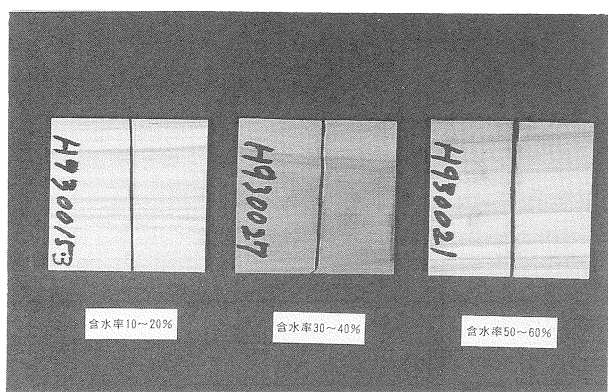


Fig. 6 裁断状態(年輪方向3mm)

3.3 刃物の状態

今回実験供したナイフ状工具刃物の素材は、炭素工具鋼SK-2であり、比較的一般に切削用刃物の素材として使われている。実験結果からは、繊維方向の裁断加工には

抵抗が少なく、刃先に焼けなど生ぜずほぼ満足のできる内容であった。

年輪方向では、今回の工具刃物で分断はできるものの、刃先に摩擦熱（300℃前後）が発生し、その影響で先端部分に焼けが生じた。焼けの発生度合いは、低含水率（10～20%）の試験材ほど多く認められた。高含水率（50～60%）の試験材ほど、刃物先端部の焼けは少なかった。

これらの結果を参考に、ナイフ状工具刃物の形状、材質、刃先の角度等を検討して、最適条件下での工具の開発を進めたいと考えている。

Fig. 7～8に試験材3mmの刃物の状態を表した。

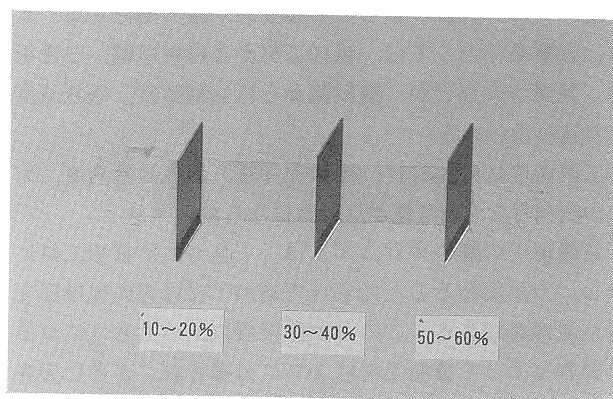


Fig. 7 刃物状態(繊維方向3mm)

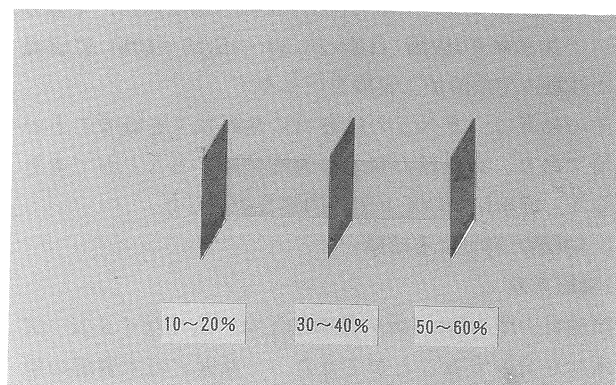


Fig. 8 刃物状態(年輪方向3mm)

3.4 振動特性

今回の実験では、ナイフ状工具刃物（ミニカッター）の振動に超音波特性を採用し、 $2 \times 10^{-5}m$ の縦最大振幅モードで、20,000回/1Sの振動回数による木材の分断を行った。その結果については前述のとおりである。

今回は超音波発振機の仕様内容を考慮して、試験材の厚みを2, 3 (mm)に設定した実験であった。目標としては、板類や角類等厚材の裁断加工への応用であるので、今後も引き続き振動の加振方法、振幅モードと刃物形状との整合性の把握等について、実験を進めながら最適加工条件を創りたいと考えている。

4. おわりに

振動特性を応用したナイフ状工具刃物を木材の裁断加工法へ利用するには、振動効果の生じる振動・裁断条件の範囲、加振方法、経済性などの制約をクリアーしなければならない。

次年度（平成9年度）には、これらの実験結果を参考に裁断機の設計と製作を行い、さらに専用のナイフ状刃物の開発を進める計画である。そして、開発機械による分断加工実験を実施して、分断力、刃物の形状と状態、分断面の状態等細部について検討を加え実用化に向けて、資料の整備を進める考えである。

参考文献

- 1). 加藤幸一：木材工業，V01. 33-9，（1978），3-8
- 2). 浜本和敏：日本大学農獣医学部学術研究報告（1983），95-105
- 3). 前田杏一：日本時計学会誌，No. 133，（1990），2-16
- 4). 鬼鞍宏猷：平成6年度基盤技術研究成果報告（3），（1996），5-7
- 5). 田中千秋，喜多山繁：木材科学講座6 切削加工，（1992），13-41