

単板切削における刃先形状の影響 第1報

切削抵抗におよぼすベベル条件の影響

木 下 敍 幸⁽¹⁾Nobuyuki KINOSHITA : Effects of Knife Edge Profiles on Veneer Cutting I
Effects of microbevel conditions on cutting resistance

要 旨 : 本報では、刃先形状を変えた刃物でホオノキ、レッドメランチ、ホワイトメランチ3樹種の飽水材を切削角、単板厚さを変化させ、ノーズバーを作用させずに切削し、その時刃物に作用する切削抵抗の挙動について検討した。得られた結果を要約すると次のようになる。

1) 切削抵抗の水平方向分力は、刃物すくい面に作用する成分 R_{p1} 、逃面に作用する成分 R_{p2} および刃先前方の被削材を変形させるに要する成分 R_{p3} からなると考えると、 R_{p1} は単板厚さを厚くすることにより、 R_{p2} は被削材に対する刃物逃面の接触深さを深くすることにより直線的に増加し、 R_{p3} は樹種に応じた一定値を示す。2) 垂直方向分力の場合、刃物すくい面に作用する成分 R_{n1} および逃面に作用する成分 R_{n2} から成ると考えると両者はその作用方向を異にし、 R_{n1} は単板厚さと直線関係を示す。 R_{n2} は被削材に対する刃物逃面の圧入量を s (mm²) とすると、両者の関係は $R_{n2} = as^b$ (a, b : 定数) で示される。3) 切削抵抗の合力と単板厚さの関係は刃物逃面の被削材に対する圧入量により異なる。4) 切削抵抗の垂直方向分力 R_n と水平方向分力 R_p の比 R_n/R_p は、ベベルをつけた刃物で切削した場合単板厚さを厚くすることにより次第に低下する。ベベルの幅および角度、切削角、単板厚さ等の条件を選択することにより $R_n/R_p=0$ 、つまり切削線に平行に合力が作用する場合がある。

目 次

1. 緒 言	26
2. 実験方法	26
2.1 刃物に作用する切削抵抗	26
2.2 切削抵抗の測定	28
2.3 実験条件およびベベル条件	29
2.4 供試樹種および試験片	29
3. 実験結果および考察	30
3.1 ベベル条件と切削抵抗の水平方向分力の関係	30
3.1.1 直刃で切削した時の水平方向分力	30
3.1.2 ベベルをつけた刃物で切削した時の水平方向分力	32
3.2 ベベル条件と切削抵抗の垂直方向分力の関係	39
3.2.1 直刃で切削した時の垂直方向分力	39
3.2.2 ベベルをつけた刃物で切削した時の垂直方向分力	43
3.3 切削抵抗の合力およびその作用方向	53
4. ま と め	59
参 考 文 献	60
Summary	61

1. 緒 言

単板切削における刃先の仕上げ形状は、刃物の寿命あるいは単板表面の品質に影響をおよぼすものと考えられるが、その最適形状についてはこれまで不明確な点が多く、現在のところ刃先の仕上げ研磨作業に際しては多分に経験に依存している面が大きい。

仕上げ研磨後の刃先の形状として¹⁾²⁾、(1) 研削盤で所定の角度の刃物角に研削後刃先のかえりをとる程度に仕上げた状態(本報では以下直刃という)、(2) 刃先すくい面側にベベルをつける³⁾、(3) 刃先逃面側にベベルをつける、(4) すくい面、逃面の両面にベベルをつける、の4方法が考えられる。ここで、(1) および(2)の方法の場合、単板切削時に刃先のびびりを生じやすく単板面が悪化する場合も予想され、また(4)の方法では刃先の研磨作業に難点があり、実用的には(3)の方法が最も効果的だと考えられる。しかし、これまで刃先逃面側にベベルをつけた刃物で単板切削を行なった時の実験資料はみあたらない。このようなことから、本報では刃物逃面にベベルをつける刃先の研磨方法の適否をしらべるための第1段階として、ベベルの条件を変えた刃物で単板切削を行なった時、刃物に作用する切削抵抗の挙動を切削角、逃角、単板厚さ等との関連において検討した。刃先にベベルをつけることにより刃先の剛性を高め、単板切削時における刃先の欠けを低減させることができるが、逆に切れ味が低下し、また後述するように刃物に作用する切削抵抗はかなり増加するのが予想される。切削抵抗の増加は切削所要動力、刃物の保持等に影響を与え、特に切削抵抗の垂直方向分力が大きい場合切削時における刃先位置の変動を大きくし、単板面の品質に悪影響を与えかねない。このようなことから、刃先逃面にベベルをつけて切削した場合、ベベル条件と切削抵抗の関係を把握しておくことは重要なことだと考えられる。

なお、実際の工場現場において刃先にベベルをつける場合、角度および幅を変化させ2段あるいは3段階にわけてつける場合もあるが、今回の実験ではベベルは1段のみとし、角度は一定におき、ベベルの幅を変化させた。本報では、単板切削においてノーズバーは作用させずに切削した場合だけを取上げており、ベベルをつけた刃物を用い、ノーズバーを作用させて切削した時の切削抵抗の変化、あるいは直刃とベベルをつけた刃物で切削した場合の単板面あらさの比較等については次報で報告する予定である。

この報告をとりまとめるにあたり、鈴木 寧木材部長、筒本卓造加工技術科長に多くの助言をいただいた。心から感謝の意を表します。

2. 実験方法

2.1 刃物に作用する切削抵抗

直刃(刃先にベベルをつけない場合)および刃先逃面にベベルをつけた場合の2次元切削における刃物と被削材の関係を Fig. 1 に示す。また、直刃および刃先逃面にベベルをつけて切削した時に刃物に作用する切削抵抗を切削方向に対して平行方向に作用する水平方向分力(parallel component of cutting resistance)およびこれと直角方向に作用する垂直方向分力(normal component of cutting resistance)の両方向分力にわけて考えると Fig. 2 に示す関係をとる。

上記両分力の作用方向の正・負を Fig. 2 に示したようにとり、切削抵抗の水平方向分力 R_p は刃物すくい面に作用する成分 R_{p1} 、逃面に作用する成分 R_{p2} および刃先前方の材を変形させるに必要な成分 R_{p3} から成るものと考え、

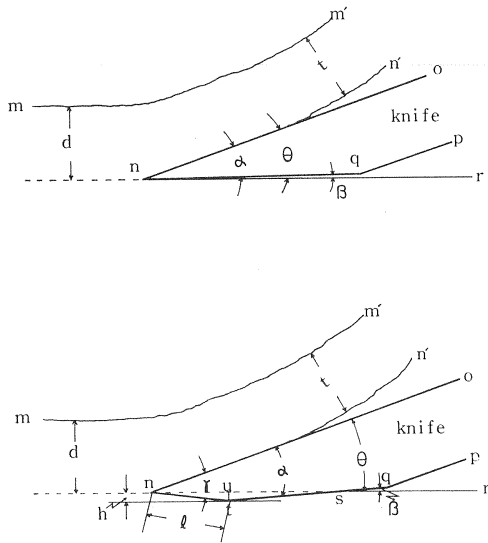


Fig. 1 2次元切削における単板形成
Geometry of veneer formation in
orthogonal cutting.

d : depth of cut, t : veneer thickness, α : knife angle, θ : cutting angle, β : clearance angle, γ : sharpness angle, l : bevel width, $m-m'$: tight side of veneer, $n-n'$: loose side of veneer, $o-n$: knife back, $p-q-n$: knife face, h : contact depth of knife face for material, Δnts : pressure amount of knife face for material (s).

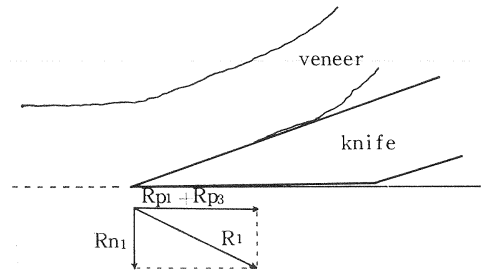
$$R_p = R_{p1} + R_{p2} + R_{p3} \quad (1)$$

になる。ここで、 R_{p1} 、 R_{p2} および R_{p3} の刃物に対する作用方向は同一方向をとる。刃物逃面に作用する水平方向分力の成分 R_{p2} には、直刃の場合単板形成後の被削材表面と刃物逃面に作用する摩擦力が含まれるが、この力は非常に小さいものと考え無視してもよいものと考えた。しかし、刃先逃面にベベルをつけて切削した場合に作用する R_{p2} は、刃物逃面と被削材との接触状態に左右され、その値は条件によりかなり高くなることが予想される。

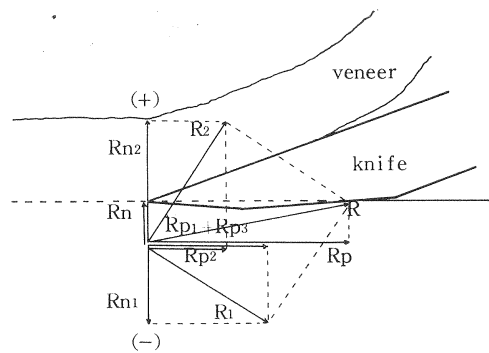
つぎに、切削抵抗の垂直方向分力について考えてみると、ロードセルにより検出される垂直方向分力 R_n は、刃物すくい面に作用する成分 R_{n1} と刃物逃面に作用する成分 R_{n2} の2成分から成るものと考えられ、

$$R_n = R_{n1} + R_{n2} \quad (2)$$

となる。ここで、垂直方向分力の作用方向を Fig. 2 に示すように、刃物を単板の方向に押し上げるように作用する場合を正、逆に被削材母材側に押し下げる方向に作用する場合を負とすると、 R_{n1} 、 R_{n2} はそ



a) knife without microbevel



b) knife with microbevel

Fig. 2 単板切削における切削抵抗

Cutting resistance in veneer cutting.

R_p : parallel component of cutting resistance ($= R_{p1} + R_{p2} + R_{p3}$), R_{p1} : parallel component of cutting resistance applied to the knife back, R_{p2} : parallel component of cutting resistance applied to the knife face, R_{p3} : parallel component of cutting resistance applied to the knife edge, R_n : normal component of cutting resistance ($= R_{n1} + R_{n2}$), R_{n1} : normal component of cutting resistance applied to the knife back, R_{n2} : normal component of cutting resistance applied to the knife face, R_1 : resultant of R_{p1} , R_{p3} and R_{n1} , R_2 : resultant of R_{p2} and R_{n2} , R : resultant of R_p and R_n .

の作用方向を異にし、 R_{n1} は常に負の値をとり、その絶対値は単板の厚さを厚くするほど増大するのに對して、 R_{n2} は正方向に作用し、その値は単板の厚さには無關係で、刃物逃面と被削材母材表面との接触条件に左右されるものと考えられる。 R_{n1} と R_{n2} の作用方向が相反するため、ロードセルにより検出される垂直方向分力 R_n の大きさは、 R_{n1} と R_{n2} の和となり、 R_{n1} と R_{n2} の大きさが釣り合うようなベベル、逃角、切削角、単板厚さ等の切削条件を求めて切削した場合、 $R_n=0$ となることが予想される。この場合、水平方向分力と垂直方向分力の合力 R の作用方向は切削方向に対して平行になる。

単板切削に際して、刃物に作用する切削抵抗の垂直分力は重要な役割を果すものと考えられ、その大きさ、作用方向および変動は設定した刃先の位置を狂わせたり、刃物の振動を生ぜしめる原因ともなり、単板の厚さむら、切削面の品質にも影響をおよぼすものと考えられる。刃物逃面にベベルをつけた刃物で単板切削を行なった場合、刃物に作用する切削抵抗が増大することにより刃物の摩耗が増大し、また刃物の保持のために大きな力を必要とするが⁴⁾⁵⁾、 $R_n=0$ になるような条件下での切削を行なえば刃先の設定位置からの変動が小さくなり⁶⁾、また刃先の強度が大きくなることにより刃こぼれの発生が低下し、切削面の品質に対して良い結果が得られるものと考えられる。

2.2 切削抵抗の測定

切削抵抗の測定は、切削抵抗を切削方向に対して平行方向に作用する水平方向分力およびこれと直角方向に作用する垂直方向分力の2方向分力に分離して検出されるように設計された6角リング形のロードセル（2分力計）2個を用い、Fig. 3 に示すようにそれぞれのロードセルの一端をナイフ固定台で連結し、その固定台上に幅 30 mm のナイフを取付けた。それぞれのロードセルには8枚のストレインゲージ（A

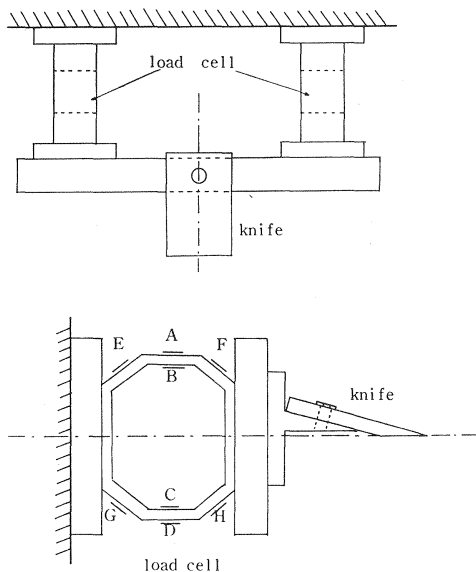


Fig. 3 切削抵抗測定用2分力計

Two dimensional dynamometer for measurement of cutting resistance.

A~D: strain gages for measurement of parallel component of cutting resistance, E~H: strain gages for measurement of normal component of cutting resistance.

~H) が図に示す位置に接着されており、A~D のゲージで水平方向分力を、E~H のゲージで垂直方向分力を検出する。ロードセルで検出された各分力は、ペン書オシログラフ（2ペン式）にアンプを通して記録させ、切削抵抗の測定値として切削長 100 mm の中央部 50 mm に相当する最大値を求め、これらの測定値を平均した。なお、切削抵抗の値は単位切削幅（1 cm）あたりの値（kg/cm）としてあらわした。

切削抵抗測定のためのロードセルは、水平、垂直各方向分力とも最大 50 kg の荷重に耐えられるように設計されているが、刃物に対して垂直方向の荷重が作用することにより6角形リングにたわみを生じ、当初設定した刃先の位置が変化し切削角に変化をおよぼす場合が考えられる。このことを検討するため、刃先に荷重を加えた時の刃先のたわみ量を求めたところ、今回行なった実験の範囲で測定された最大の垂直方向荷重を加えた場合、切削角の変化は設定値から 10' 程度であつ

た。しかし、この程度の切削角の誤差は、実験結果の検討を行なうにあたって大きな支障にはならないと考え、本報では切削角の誤差の修正は行なっていない。

2.3 実験条件およびベベル条件

Fig. 4 に実験装置を示す。試験片はスクリューにより一定速度で水平方向に移動できる昇降調節自由な移動台上にクランプで固定して刃物に対して前進させる。切込み深さの設定は移動台の上・下方向の調節により行ない、その精度は $2\sim 3/100\text{ mm}$ 以内である。

単板の厚さは最大 2 mm 、切削速度は 200 mm/min. で実験を行なった。

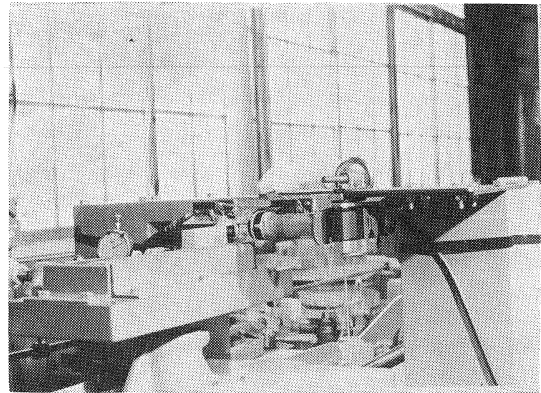


Fig. 4 実験装置
Experimental apparatus.

研削盤で研削した7枚の刃物の内、1枚は刃先にベベルをつけない直刃に、他の6枚は手仕上げにより逃面にベベルをつけた。手仕上げ後の刃物についてウッドメタルで刃型をとり、投影機で100倍に拡大して測定したベベルの幅 l 、刃先角 γ および刃物角 α を Table 1 に示す。刃物角は 20° 、刃先角は 25° になるように研削したが、特に刃先角については手仕上げで行なったため若干誤差を生じ、Table 1 に示すように No. 2, 3 の刃物で $40'\sim 50'$ 、No. 4, 5 の刃物で $10'\sim 20'$ の誤差を生じている。なお、今回の実験では切削角 θ を $21^\circ\sim 27^\circ$ の範囲で変化させた。

2.4 供試樹種および試験片

供試樹種としてホオノキ (全乾比重 0.43)、レッドメランチ (0.52)、ホワイトメランチ (0.55) の3樹種を用いた。3樹種とも飽水材で、各原木から 10.0 cm (半径方向) $\times 10.0\text{ cm}$ (接線方向) $\times 1.0\text{ cm}$ (繊維方向) の切削試験片を作製した。切削方向は繊維方向に直交、年輪に接線方向とし、切削面は板目面とした。切削幅は 1.0 cm 、1回の切削における切削長は 10 cm である。

Table 1. 刃 先 形 状
Profile of knife edge

Knife No.	Microbevel width l (mm)	Knife angle α	Sharpness angle γ
1	0	$19^\circ 50'$ ($19^\circ 40'\sim 19^\circ 50'$)	$19^\circ 50'$ ($19^\circ 40'\sim 19^\circ 50'$)
2	0.40 (0.37 $\sim$ 0.43)	$20^\circ 30'$ ($19^\circ 50'\sim 21^\circ 00'$)	$25^\circ 50'$ ($25^\circ 30'\sim 26^\circ 20'$)
3	0.63 (0.60 $\sim$ 0.64)	$19^\circ 40'$ ($19^\circ 00'\sim 20^\circ 40'$)	$25^\circ 40'$ ($25^\circ 20'\sim 26^\circ 10'$)
4	0.86 (0.82 $\sim$ 0.91)	$20^\circ 30'$ ($20^\circ 20'\sim 20^\circ 50'$)	$24^\circ 50'$ ($24^\circ 10'\sim 25^\circ 30'$)
5	1.17 (1.13 $\sim$ 1.21)	$20^\circ 30'$ ($20^\circ 20'\sim 20^\circ 40'$)	$25^\circ 20'$ ($24^\circ 30'\sim 26^\circ 50'$)
6	1.21 (1.15 $\sim$ 1.26)	$19^\circ 40'$ ($19^\circ 00'\sim 20^\circ 20'$)	$25^\circ 00'$ ($25^\circ 00'\sim 25^\circ 10'$)
7	1.55 (1.42 $\sim$ 1.68)	$20^\circ 00'$ ($19^\circ 30'\sim 20^\circ 30'$)	$25^\circ 00'$ ($24^\circ 10'\sim 26^\circ 20'$)

3. 実験結果および考察

3.1 ベベル条件と切削抵抗の水平方向分力の関係

3.1.1 直刃で切削した時の水平方向分力

直刃 (Table 1 におけるナイフ No. 1) で、切削角を 21° 、 23° 、 25° の3段階に変化させ、ホオノキ、レッドメランチ、ホワイトメランチを切削した時の水平方向分力と単板厚さの関係を Fig. 5~7 に示す。

樹種に関係なく、切削抵抗の水平方向分力は、単板厚さが $0.2 \sim 2 \text{ mm}$ の範囲において、単板厚さが厚くなるにしたがい直線的に増加する傾向を示し、単位切削幅あたりの水平方向分力 R_p (kg/cm) と単板厚さ t (mm) の関係を次の実験式であらわすことにする。

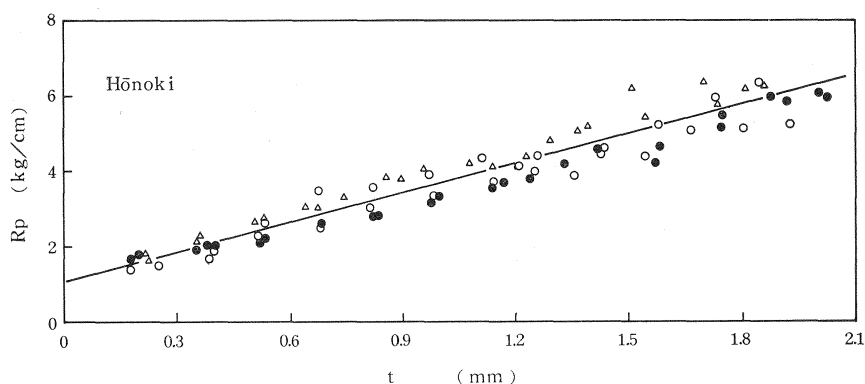


Fig. 5 切削抵抗の水平方向分力 (R_p) と単板厚さ (t) の関係
(ホオノキ)

Relation of parallel component of cutting resistance (R_p) and veneer thickness (t) (Hōnoki).

cut with No. 1 knife, cutting angle ● 21° , ○ 23° , △ 25° .

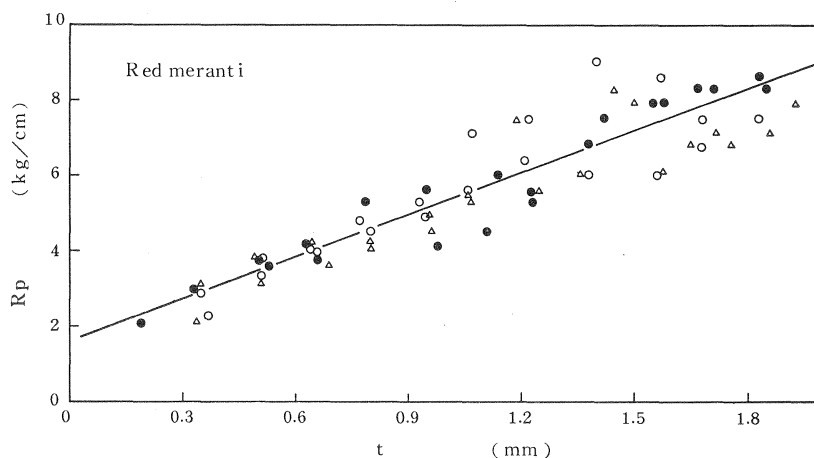


Fig. 6 切削抵抗の水平方向分力 (R_p) と単板厚さ (t) の関係
(レッドメランチ)

Relation of parallel component of cutting resistance (R_p) and veneer thickness (t) (Red meranti).

cut with No. 1 knife, cutting angle ● 21° , ○ 23° , △ 25° .

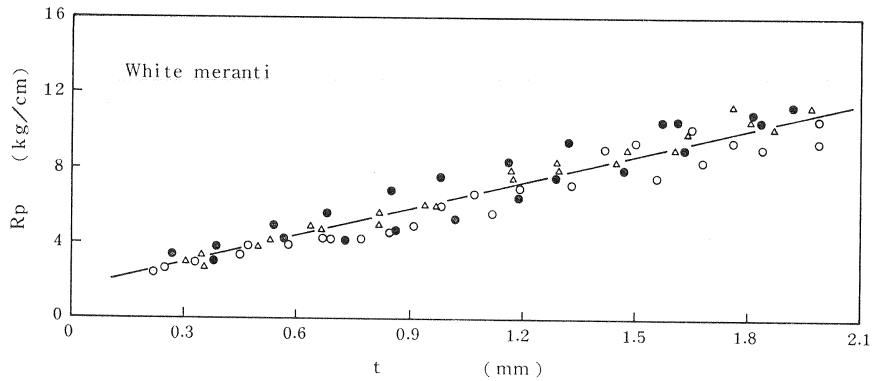


Fig. 7 切削抵抗の水平方向分力 (R_p) と単板厚さ (t) の関係
(ホワイトメランチ)

Relation of parallel component of cutting resistance (R_p) and veneer thickness (t) (White meranti).

cut with No. 1 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°, △ 25°.

Table 2. 切削抵抗の水平方向分力 R_p (kg/cm) と単板厚さ t (mm) の関係

$R_p = a_1 t + b_1$ における定数 a_1 , b_1

a_1 and b_1 in relation of parallel component of cutting resistance R_p (kg/cm) and veneer thickness t (mm) $R_p = a_1 t + b_1$.

Knife No.	Microbevel width (mm)	Cutting angle	Species					
			Hōnoki		Red meranti		White meranti	
			a_1	b_1	a_1	b_1	a_1	b_1
1	0	21°	2.50	0.83	3.83	1.47	5.02	1.56
1	0	23°	2.54	0.93	3.58	1.81	4.53	1.27
1	0	25°	2.82	1.09	3.26	1.79	5.01	1.38
1	0	27°	2.61	1.48	3.55	1.66	3.34	2.34
3	0.63	27°	2.86	1.07				
6	1.21	27°	2.66	1.06				
7	1.55	27°	2.90	1.20				
Average			2.62 ¹⁾	1.08 ¹⁾	3.56	1.68	4.48	1.64

1) Average of values in cutting with No. 1 knife.

$$R_p = a_1 t + b_1 \quad (3)$$

R_p : 水平方向分力 (parallel component of cutting resistance, kg/cm)

t : 単板厚さ (veneer thickness, mm)

a_1 , b_1 : 定数 (constant)

上記実験式における定数 a_1 , b_1 を求め Table 2 に示す。結果からも明らかなように、刃物逃面にベベルをつけない直刃を用い、切削角を 21°～27° の範囲で変化させて切削した場合、ホワイトメランチで若干変動はあるが、ホノキ、レッドメランチでは定数 a_1 , b_1 の値にはそれぞれの樹種で大きな相違は認められない。切削角を変えることにより、切削抵抗も変化するという報告⁷⁾ もみられるが、この場合は切削角の条件範囲もかなり広く、本報告におけるように単板切削には十分な切削角 21°～27° 程度の範囲で

は、切削抵抗の水平方向分力に対する切削角の影響は無視できるものと考えられる。

なお、刃先逃面にベベルをつけ、切削角 27° で切削した時、つまり刃物逃面においてベベルをつけたこととの効果が無視できる条件（切削角 $>$ 刃先角）では、ホオノキの場合についてのみその結果を示したが、上記実験式における定数 a_1 , b_1 の値はベベルをつけない直刃で切削した場合と比較して差は認められない。このようなことから、ホオノキ、レッドメランチ、ホワイトメランチ 3 樹種について、水平方向分力 R_p と単板厚さ t の関係をあらわす実験式 $R_p = a_1 t + b_1$ における定数 a_1 , b_1 は各切削角条件における測定数に大きな差がないので、切削角 21° , 23° , 25° , 27° のそれぞれの値を平均して求め、上記実験式は供試 3 樹種について次のようになる。

$$R_p = 2.62t + 1.08 \quad (\text{Hōnoki})$$

$$R_p = 3.56t + 1.68 \quad (\text{Red meranti})$$

$$R_p = 4.48t + 1.64 \quad (\text{White meranti})$$

上記 R_p と t の関係において、 $t=0$ の時 R_p は 0 にはならない。今回行なった実験では、単板厚さを最小 0.2 mm 程度とし、それ以下の厚さについては均一な単板形成が困難であったため実験を行っていない。単板厚さが 0 に接近するにつれて水平方向分力と単板厚さの関係が直線関係からはずれるかどうかは不明確であるが、ここでは一応上記実験式において $t=0$ の時の R_p の値を刃先前方において被削材を変形させるに要する力 R_{ps} に相当すると考えた。また、供試樹種について求めた実験式中、 $2.62t$ (ホオノキ)、 $3.56t$ (レッドメランチ)、 $4.48t$ (ホワイトメランチ) で求められる値は切削時において刃物すくい面に作用する水平方向分力の成分であると考えられる。

上記のことをとりまとめると、逃面にベベルをつけない直刃で切削した場合、単板形成後の被削材母材表面と刃物逃面間に作用する摩擦力は小さく無視できる程度だと仮定し、切削抵抗の水平方向分力は刃物すくい面に作用する成分 R_{p1} および刃先近傍において被削材を変形させるに要する成分 R_{ps} から成ると考え、単板厚さを $t \text{ (mm)}$ とすると、供試樹種について単位切削幅あたりの R_{p1} , R_{ps} はそれぞれ次のようになる。

$$R_{p1} = 2.62t \text{ (kg/cm)}, R_{ps} = 1.08 \text{ (kg/cm)} \quad (\text{Hōnoki})$$

$$R_{p1} = 3.56t \text{ (kg/cm)}, R_{ps} = 1.68 \text{ (kg/cm)} \quad (\text{Red meranti})$$

$$R_{p1} = 4.48t \text{ (kg/cm)}, R_{ps} = 1.64 \text{ (kg/cm)} \quad (\text{White meranti})$$

3.1.2 ベベルをつけた刃物で切削した時の水平方向分力

刃先逃面にベベルをつけた刃物を用い、刃先角 $>$ 切削角 の条件内で切削角を変化させ、つまり逃面において刃物と被削材との接触状態を変化させて切削した時に、ロードセルで検出される切削抵抗の水平方向分力 R_p と単板厚さ t の関係について求めた実験結果を Fig. 8~12 に示す。ホオノキについては、ベベルの幅が 0.63 mm (ナイフ No.3), 1.21 mm (No. 6), 1.55 mm (No. 7), レッドメランチ, ホワイトメランチについてはベベルの幅が 1.21 mm の刃物で切削した時の実験結果のみを示した。

刃物逃面につけたベベル条件および切削角条件を変化させても、切削抵抗の水平方向分力と単板厚さの関係は直刃で切削した時と同じく直線式であらわすことができ、その関係を次の実験式で示すことにする。

$$R_p = a_2 t + b_2 \quad (4)$$

R_p : 切削抵抗の水平方向分力 (parallel component of cutting resistance, kg/cm)

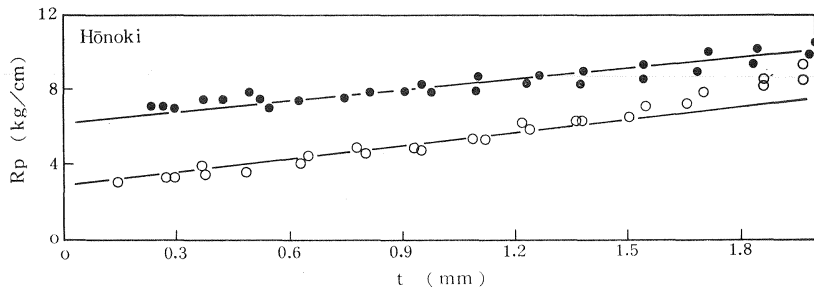


Fig. 8 切削抵抗の水平方向分力 (R_p) と単板厚さ (t) の関係
(ホオノキ)

Relation of parallel component of cutting resistance (R_p) and veneer thickness (t) (Hōnoki).

cut with No. 3 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°.

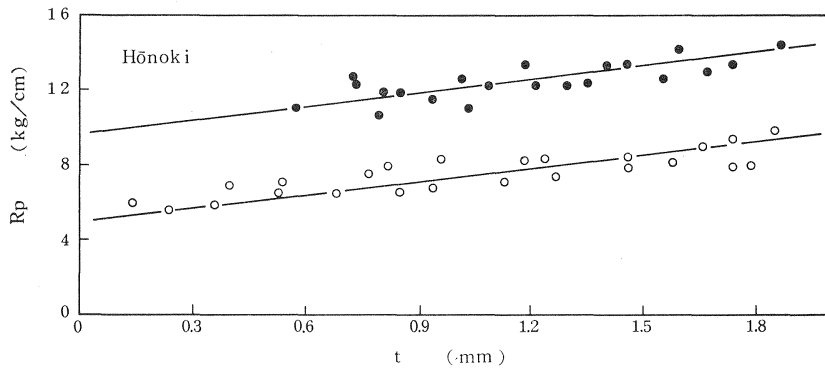


Fig. 9 切削抵抗の水平方向分力 (R_p) と単板厚さ (t) の関係
(ホオノキ)

Relation of parallel component of cutting resistance (R_p) and veneer thickness (t) (Hōnoki).

cut with No. 6 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°.

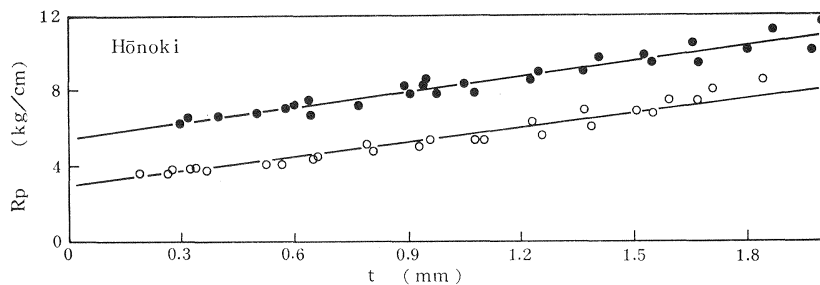


Fig. 10 切削抵抗の水平方向分力 (R_p) と単板厚さ (t) の関係
(ホオノキ)

Relation of parallel component of cutting resistance (R_p) and veneer thickness (t) (Hōnoki).

cut with No. 7 knife, cutting angle ● 23°, ○ 24°.

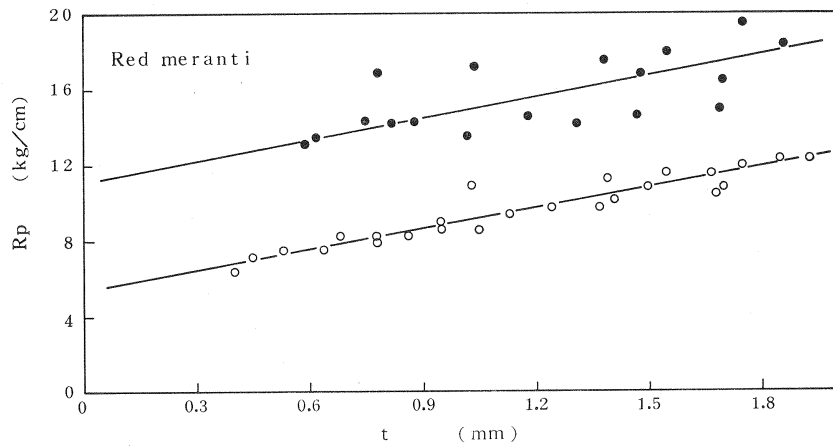


Fig. 11 切削抵抗の水平方向分力 (R_p) と単板厚さ (t) の関係
(レッドメランチ)

Relation of parallel component of cutting resistance (R_p) and veneer thickness (t) (Red meranti).

cut with No. 6 knife, cutting angle ● 21° ○ 23°.

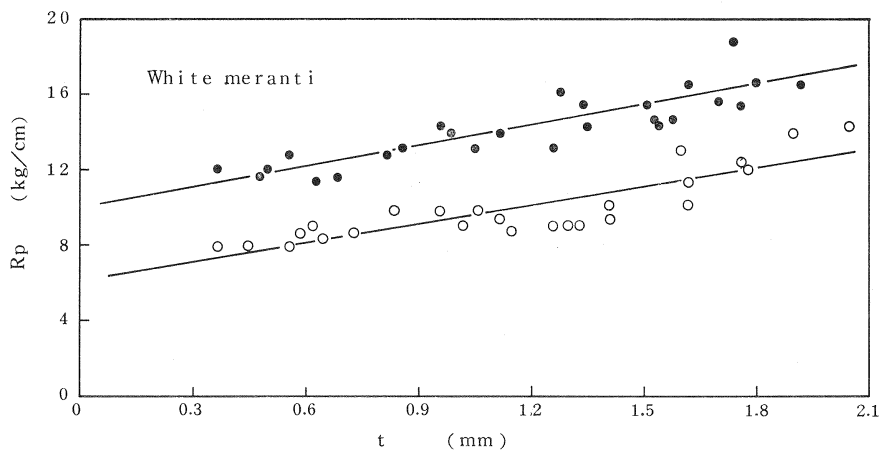


Fig. 12 切削抵抗の水平方向分力 (R_p) と単板厚さ (t) の関係
(ホワイトメランチ)

Relation of parallel component of cutting resistance (R_p) and veneer thickness (t) (White meranti).

cut with No. 6 knife, cutting angle ● 21° ○ 23°.

Table 3. ベベルをつけた刃物で切削した時の切削抵抗の水平方向分力 R_p (kg/cm) と単板厚さ t (mm) の関係 $R_p=a_2t+b_2$ における定数 a_2, b_2 (ホオノキ)
 a_2 and b_2 in relation of parallel component of cutting resistance R_p (kg/cm) and veneer thickness t (mm) $R_p=a_2t+b_2$ in cutting with microbevelled knives (Hōnoki).

Knife No.	Microbevel width (mm)	Cutting angle	a_2	b_2
2	0.40	22°	2.05	3.44
		23°	2.76	2.58
		24°	3.25	2.01
3	0.63	21°	2.00	6.10
		23°	2.33	2.90
4	0.86	22°	1.68	4.94
		23°	2.46	2.30
5	1.17	23°	2.28	4.95
		24°	1.71	4.01
6	1.21	21°	2.40	9.72
		23°	2.36	4.93
7	1.55	23°	2.70	5.45
		24°	2.50	2.98

Table 4. ベベルをつけた刃物で切削した時の切削抵抗の水平方向分力 R_p (kg/cm) と単板厚さ t (mm) の関係 $R_p=a_2t+b_2$ における定数 a_2, b_2 (レッドメランチ)
 a_2 and b_2 in relation of parallel component of cutting resistance R_p (kg/cm) and veneer thickness t (mm) $R_p=a_2t+b_2$ in cutting with microbevelled knives (Red meranti).

Knife No.	Microbevel width (mm)	Cutting angle	a_2	b_2
3	0.63	21°	3.28	7.40
		23°	3.66	3.71
		24°	3.46	2.93
6	1.21	21°	3.80	11.0
		23°	3.61	5.41
		24°	3.30	4.09
7	1.55	23°	3.10	6.33
		24°	3.10	4.36

Table 5. ベベルをつけた刃物で切削した時の切削抵抗の水平方向分力 R_p (kg/cm) と単板厚さ t (mm) の関係 $R_p = a_2 t + b_2$ における定数 a_2, b_2 (ホワイトメラランチ)

a_2 and b_2 in relation of parallel component of cutting resistance R_p (kg/cm) and veneer thickness t (mm) $R_p = a_2 t + b_2$ in cutting with microbevelled knives (White meranti).

Knife No.	Microbevel width (mm)	Cutting angle	a_2	b_2
3	0.63	21°	3.25	10.0
		23°	3.91	4.33
		24°	4.41	3.07
6	1.21	21°	3.60	9.97
		23°	3.23	6.19
		24°	3.43	4.60
7	1.55	23°	4.09	5.79
		24°	3.71	3.27

t : 単板厚さ (veneer thickness, mm)

a_2, b_2 : ベベルをつけた刃物で切削した時の定数 (constant in cutting with microbevelled knife)

上記実験式における定数 a_2, b_2 を求め、樹種別に Table 3~5 に示す。なお、ホオノキについては Table 1 に示した 6 枚の刃物を用いて実験を行なったが、レッドメラランチおよびホワイトメラランチについては、ナイフ No. 3, No. 6, No. 7 の 3 枚の刃物を用いての実験しか行っていない。また、ナイフ No. 7 の刃物で切削角を 21° にして切削した場合、刃物に作用する切削抵抗がかなり大きく、ロードセルの変形、刃先位置の変動も大きくなるのが懸念されたためこの条件での実験は行っていない。

Table 3~5 において、実験式の勾配を示す a_2 の値はホオノキで 1.68~3.25, レッドメラランチで 3.10~3.66, ホワイトメラランチで 3.23~4.41 程度のばらつきがみられるが、全般的にみてそれぞれの樹種における a_2 の値は、ベベル条件、切削角条件と特に深い関連は示さない。また、Table 3~5 に示した定数 a_2 の値を、Table 2 に示した直刃で切削した時の水平方向分力と単板厚さの関係式における勾配 a_1 と比較すると両者の間には大きな相違はないものとみなしてもよい。

つぎに、単板の厚さが 0 の時の水平方向分力の値、つまり前記実験式における定数 b_2 の値は、逃面において被削材に対する刃物の接触状態に左右されると考え、刃物逃面における被削材に対する刃物の接触深さ h (Fig. 1 参照) を次式により求めた。

$$h = l \sin (\gamma - \theta) \quad (5)$$

h : 刃物逃面における被削材に対する刃物の接触深さ (contact depth of knife for material at knife face side, mm)

l : ベベルの幅 (width of bevel, mm)

γ : 刃先角 (sharpness angle)

θ : 切削角 (cutting angle)

ホオノキ, レッドメラランチ, ホワイトメラランチそれぞれについて、定数 b_2 を上式で求めた被削材に対

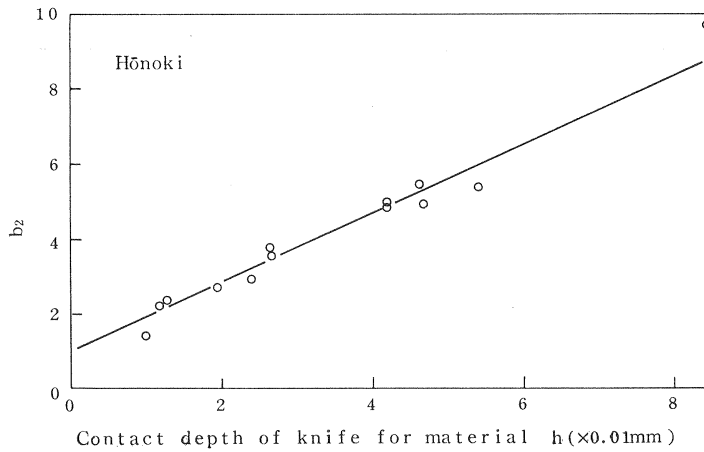


Fig. 13 刃物逃面における被削材に対する刃物の接触深さ (h) と実験式 $R_p = a_2 t + b_2$ における定数 b_2 の関係 (ホノノキ)

Relation of contact depth of knife for material at knife face side (h) and constant b_2 in empirical formula $R_p = a_2 t + b_2$ (Hōnoki).

h : shown in Fig. 1 and given by equation 5, R_p : parallel component of cutting resistance in cutting with microbevelled knife, t : veneer thickness, a_2 : constant.

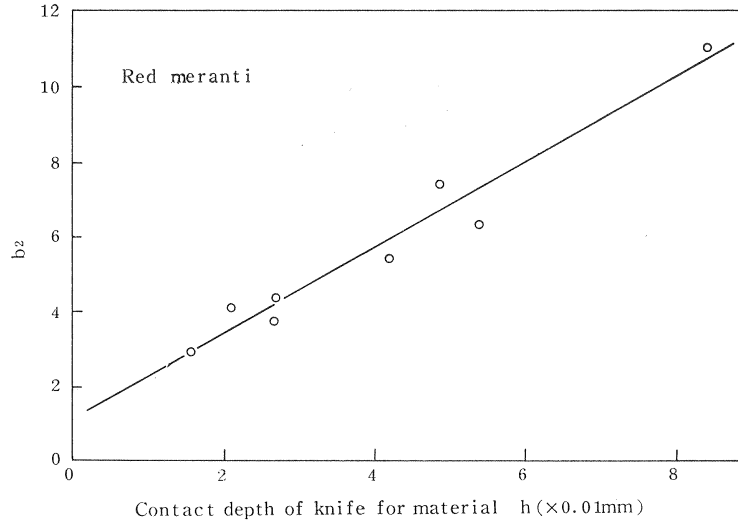


Fig. 14 刃物逃面における被削材に対する刃物の接触深さ (h) と実験式 $R_p = a_2 t + b_2$ における定数 b_2 の関係 (レッドメランチ)

Relation of contact depth of knife for material at knife face side (h) and constant b_2 in empirical formula $R_p = a_2 t + b_2$ (Red meranti).

h : shown in Fig. 1 and given by equation 5, R_p : parallel component of cutting resistance in cutting with microbevelled knife, t : veneer thickness, a_2 : constant.

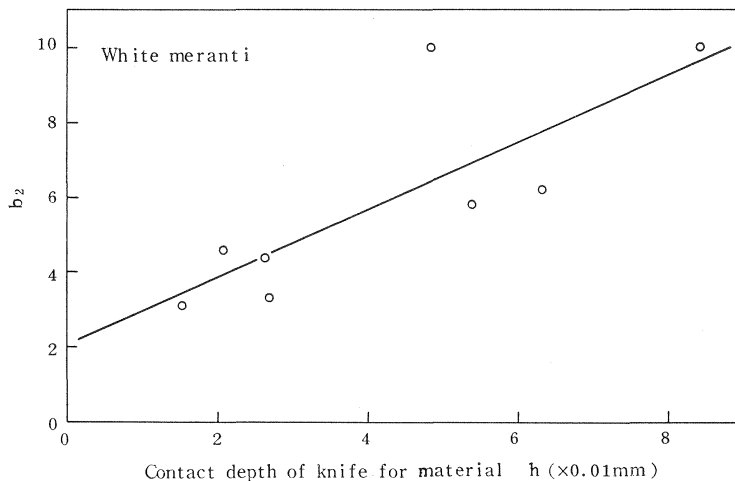


Fig. 15 刃物逃面における被削材に対する刃物の接触深さ (h) と実験式 $R_p = a_2 t + b_2$ における定数 b_2 の関係 (ホワイトメランチ)
 Relation of contact depth of knife for material at knife face side (h) and constant b_2 in empirical formula $R_p = a_2 t + b_2$ (White meranti).
 h : shown in Fig. 1 and given by equation 5, R_p : parallel component of cutting resistance in cutting with microbevelled knife, t : veneer thickness, a_2 : constant.

する刃物逃面の接触深さ h に対してプロットすると Fig. 13~15 のようになる。レッドメランチ, ホワイトメランチ 2 樹種の場合, No. 2, 4, 5 の刃物による実験を省略したため, ホオノキに比較してプロット数はやや少ないが, 供試 3 樹種に共通して定数 b_2 は h を増大させることによりほぼ直線的に増加する傾向がみられ, 定数 b_2 と h の関係を求めると次のようになる。

$$b_2 = 84.5h + 0.96 \quad (\text{Hōnoki})$$

$$b_2 = 112.6h + 1.16 \quad (\text{Red meranti})$$

$$b_2 = 91.3h + 2.02 \quad (\text{White meranti})$$

$h=0$ の時の定数 b_2 の値は, ホオノキ, レッドメランチ, ホワイトメランチ それぞれについて 0.96 (kg/cm), 1.16 (kg/cm), 2.02 (kg/cm) となり, 直刃で切削した時求めた切削抵抗の水平方向分力 R_p と単板厚さ t の関係を示す実験式 $R_p = a_1 t + b_1$ における定数 b_1 の値が, ホオノキ 1.08 (kg/cm), レッドメランチ 1.68 (kg/cm), ホワイトメランチ 1.64 (kg/cm) であったので, 定数 b_1 と $h=0$ の時の b_2 はほぼ一致すると考えてもよい。

以上のことから, 刃物逃面にベベルをつけて切削した場合, そのベベルの影響により生ずる切削抵抗の水平方向分力の成分 R_{p2} は, ロードセルで検出される水平方向分力を R_p , 刃物すくい面に作用する水平方向分力の成分を R_{p1} , 刃先近傍において被削材を変形させるに要する力を R_{p3} とすると, $R_{p2} = R_p - R_{p1} - R_{p3}$ になる。ここで単板厚さを t とすると, $R_{p1} = a_1 t \div a_2 t$, $R_{p3} = b_1 \div b_2(h=0)$ ($b_2(h=0)$: 定数 b_2 と刃物逃面の被削材に対する接触深さ h の関係において, $h=0$ の時の b_2 の値) と考えてよく, $R_{p2} = b_2 - b_2(h=0)$ になる。このことから, 刃物逃面に作用する水平方向分力の成分 R_{p2} は, 前述の定数 b_2 と刃物逃面での被削材に対する刃物の接触深さ h との関係を示す実験式において, h に関係する項であらわすことがで

きる。つまり、

$$R_{p2}=84.5h \text{ (kg/cm)} \quad (\text{Hōnoki})$$

$$R_{p2}=112.6h \text{ (kg/cm)} \quad (\text{Red meranti})$$

$$R_{p2}=91.3h \text{ (kg/cm)} \quad (\text{White meranti})$$

になる。

以上切削抵抗の水平方向分力について検討してきたが、その結果だけを要約すると次のようになる。切削抵抗の水平方向分力は、切削時に刃物すくい面に作用する成分 R_{p1} 、逃面に作用する成分 R_{p2} および刃先付近において被削材を变形させるに要する成分 R_{p3} から構成されるものと考え、 R_{p1} は単板厚さに、 R_{p2} は刃物逃面での被削材に対する刃物の接触深さに、 R_{p3} は被削材の材質あるいは刃先のまるみに等に影響を受けるものと考えられる。ホオノキ、レッドメランチ、ホワイトメランチ3樹種について、上記 R_{p1} 、 R_{p2} 、 R_{p3} を求めてきたが、それらの値をとりまとめた Table 6 に示す。

供試3樹種の全乾比重をみると、ホオノキ 0.43、レッドメランチ 0.52、ホワイトメランチ 0.55 であり、 R_{p1} 、 R_{p3} の場合樹種によりやや相違もみられ、比重が高いほど値も高くなるようである。しかし、今回実験を行なった樹種は3樹種にすぎず、その比重の範囲も狭いため、 R_{p1} 、 R_{p3} と被削材の比重あるいは他の材質との関連について明確なことはわからない。

3.2 ベベル条件と切削抵抗の垂直方向分力の関係

3.2.1 直刃で切削した時の垂直方向分力

刃物逃面にベベルをつけない直刃で切削した時、ロードセルにより検出される単位切削幅あたりの切削抵抗の垂直方向分力 R_n と単板厚さ t の関係についての実験結果を Fig. 16~18 に示す。実験結果には、切削角を 21° 、 23° 、 25° の3段階に変化させた時の垂直方向分力と単板厚さの関係を示しているが、垂直方向分力の作用方向の正・負を Fig. 2 に示すようにとったため、直刃を用いて切削した場合垂直方向分力の値は負になっている。結果からも明らかなように、切削角を変化させてもロードセルで検出される切削抵抗の垂直方向分力 R_n (kg/cm) と単板厚さ t (mm) の関係には大きな相違はみられず、 R_n は t を厚くすることにより直線的に低下(負側に増加)する傾向を示す。なお、 t が0の時の R_n の値は非常に小さく、無視できるものと考えられ、 R_n と t の関係を次の実験式であらわすことにする。

$$R_n = a_3 t \quad (6)$$

R_n : 切削抵抗の垂直方向分力 (normal component of cutting resistance, kg/cm)

Table 6. 切削抵抗の水平方向分力
Parallel component of cutting resistance

Species	R_{p1} (kg/cm)	R_{p2} (kg/cm)	R_{p3} (kg/cm)
Hōnoki	$2.62 t$	$84.5 h$	1.08
Red meranti	$3.56 t$	$112.6 h$	1.68
White meranti	$4.48 t$	$91.3 h$	1.64

R_{p1} : Component applied to the knife back.

R_{p2} : Component applied to the knife face.

R_{p3} : Component applied to the knife edge.

t : Veneer thickness (mm).

h : Contact depth of knife for material at the knife face (mm).

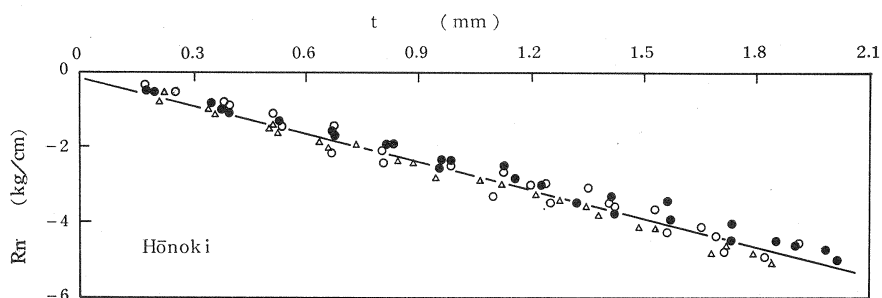


Fig. 16 切削抵抗の垂直方向分力 (R_n) と単板厚さ (t) の関係
(ホオノキ)

Relation of normal component of cutting resistance (R_n) and veneer thickness (t) (Hōnoki).

cut with No. 1 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°, △ 25°

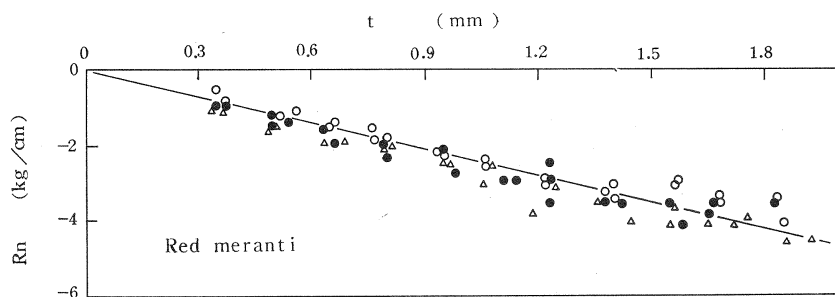


Fig. 17 切削抵抗の垂直方向分力 (R_n) と単板厚さ (t) の関係
(レッドメランチ)

Relation of normal component of cutting resistance (R_n) and veneer thickness (t) (Red meranti).

cut with No. 1 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°, △ 25°

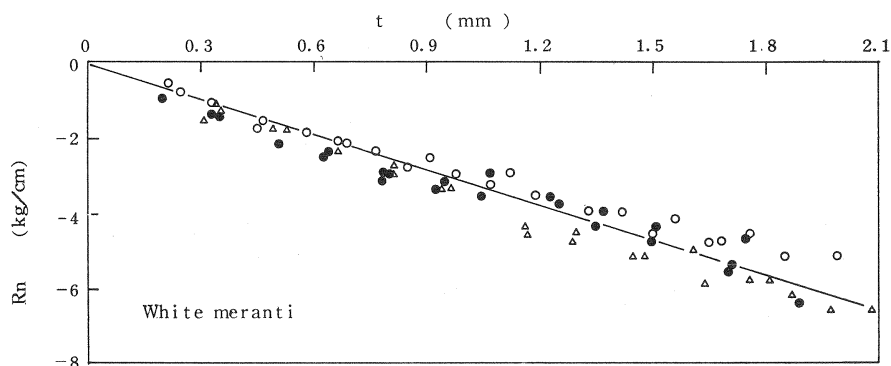


Fig. 18 切削抵抗の垂直方向分力 (R_n) と単板厚さ (t) の関係
(ホワイトメランチ)

Relation of normal component of cutting resistance (R_n) and veneer thickness (t) (White meranti).

cut with No. 1 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°, △ 25°

Table 7. 切削抵抗の垂直方向分力 R_n (kg/cm) と単板厚さ t (mm)

 の関係 $R_n = a_3 t$ における定数 a_3
 a_3 in relation of normal component of cutting resistance
 R_n (kg/cm) and veneer thickness t (mm) $R_n = a_3 t$.

Knife No.	Microbevel width (mm)	Cutting angle	Species		
			Hōnoki	Red meranti	White meranti
1	0	21°	-2.79	-2.42	-3.71
1	0	23°	-2.94	-2.21	-2.84
1	0	25°	-3.18	-2.59	-3.43
1	0	27°	-3.17	-2.94	-3.28
3	0.63	27°	-2.62		
6	1.21	27°	-2.54		
7	1.55	27°	-3.06		
Average			-3.02 ¹⁾	-2.54	-3.32

1) Average of values in cutting with No. 1 knife.

 t : 単板厚さ (veneer thickness, mm)

 a_3 : 定数 (constant)

上記実験式における定数 a_3 を求め Table 7 に示す。ホオノキについては、直刃で切削角を 21° から 27° まで変化させて切削した場合以外に、No. 3, No. 6 および No. 7 の刃物で切削角を 27° にして切削した時の値を求め、レッドメランチ、ホワイトメランチ 2 樹種については直刃で切削した場合の値だけを示している。Table 7 に示した定数 a_3 の値をみると、ホオノキを直刃 (ナイフ No. 1) で切削角を 21° から 27° の範囲において 4 段階に変化させても、前に述べた水平方向分力の場合と同じく定数 a_3 の値は切削角により大きな相違はみられない。また、逃面にベベルをつけた刃物で切削角を 27° において切削した場合、直刃を用いて切削した時に比較して R_n と t の関係を示す直線式の勾配は若干ゆるやかになる傾向もみられる。しかし、全般的にみて両者間には大きな差はないものと考えてもよく、また各切削角条件における測定数がほぼ同程度であるので、定数 a_3 の値として No. 1 の刃物で切削した時のそれぞれの値を平均した。ホオノキの場合と同様に、レッドメランチ、ホワイトメランチ 2 樹種についても、定数 a_3 は切削角に大きく左右されないものと考えられ、各切削角における値を平均した。これらのことから、供試 3 樹種について刃物逃面から力が作用しない条件での切削抵抗の垂直方向分力 R_n (kg/cm) と単板厚さ t (mm) の関係は次のようになる。

$$R_n = -3.02t \quad (\text{Hōnoki})$$

$$R_n = -2.54t \quad (\text{Red meranti})$$

$$R_n = -3.32t \quad (\text{White meranti})$$

逃面にベベルをつけない刃物で切削した時の切削抵抗の水平方向分力と単板厚さとの関係で求めた直線式の勾配は、ホオノキ、レッドメランチ、ホワイトメランチの順にやや大きくなる傾向もみられたが、垂直方向分力と単板厚さの関係における直線式の勾配には、水平方向分力にみられたほどの樹種による大きな相違はみられない。本報のはじめに述べたように、切削抵抗の垂直方向分力が刃物すくい面に作用する

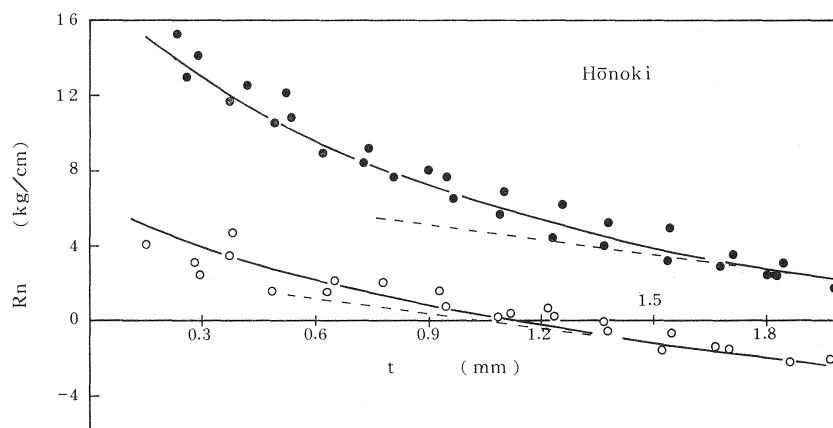


Fig. 19 切削抵抗の垂直方向分力 (R_n) と単板厚さ (t) の関係
(ホノノキ)

Relation of normal component of cutting resistance (R_n) and veneer thickness (t) (Hōnoki).

cut with No. 3 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°.

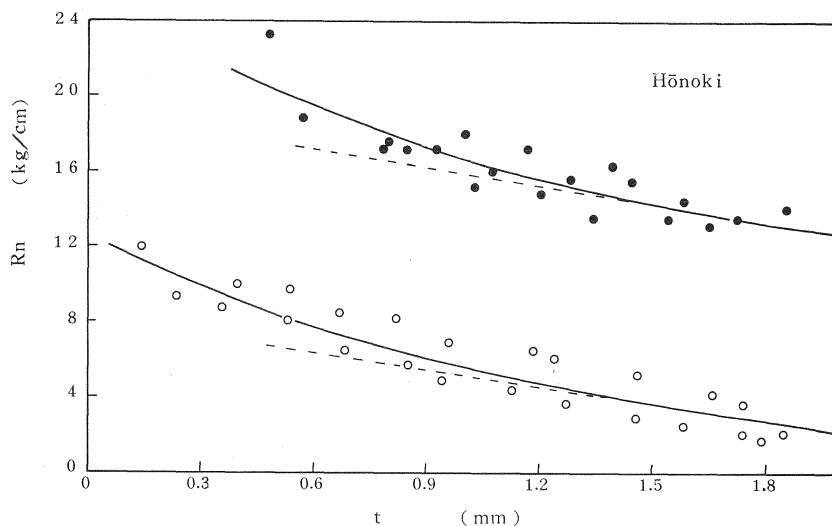


Fig. 20 切削抵抗の垂直方向分力 (R_n) と単板厚さ (t) の関係
(ホノノキ)

Relation of normal component of cutting resistance (R_n) and veneer thickness (t) (Hōnoki).

cut with No. 6 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°.

成分 R_{n1} と刃物逃面に作用する成分 R_{n2} から構成されると考えると、上述の逃面にベベルをつけない直刃で切削した時の垂直方向分力 R_n は刃物すくい面に作用する成分 R_{n1} に相当し、 $R_n = R_{n1}$ としてもよい。つまり、単板厚さを t (mm) とすると、

$$R_{n1} = -3.02t \text{ (kg/cm)} \quad (\text{Hōnoki})$$

$$R_{n1} = -2.54t \text{ (kg/cm)} \quad (\text{Red meranti})$$

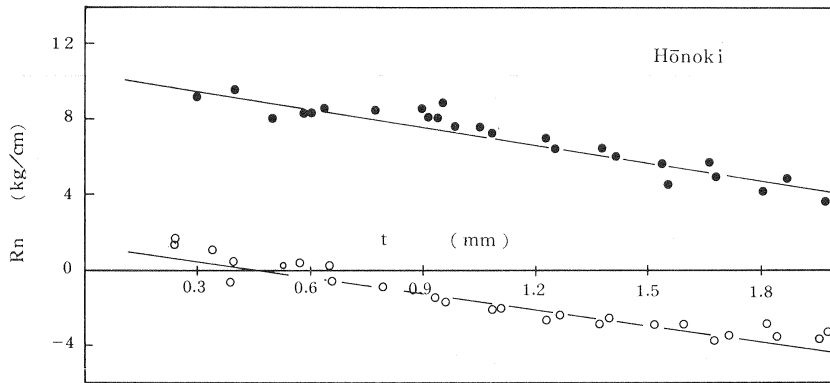


Fig. 21 切削抵抗の垂直方向分力 (R_n) と単板厚さ (t) の関係
(ホオノキ)

Relation of normal component of cutting resistance (R_n) and veneer thickness (t) (Hōnoki).

cut with No. 7 knife, cutting angle ● 23°, ○ 24°.

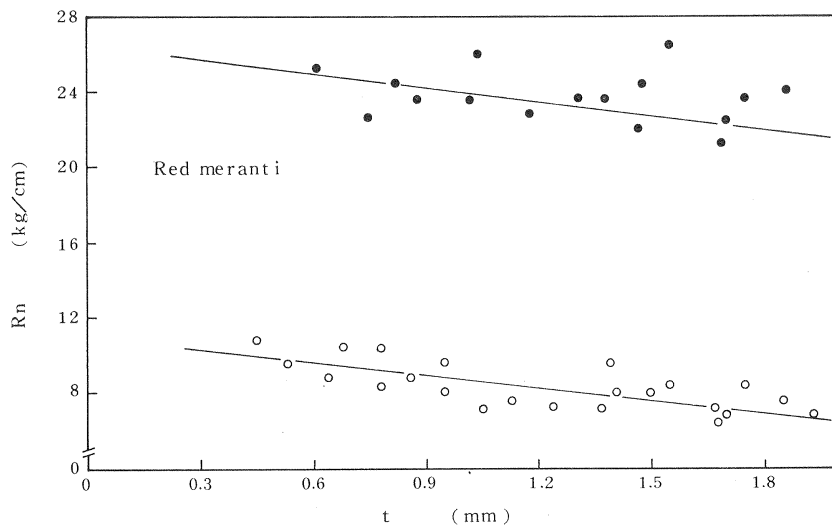


Fig. 22 切削抵抗の垂直方向分力 (R_n) と単板厚さ (t) の関係
(レッドメランチ)

Relation of normal component of cutting resistance (R_n) and veneer thickness (t) (Red meranti).

cut with No. 6 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°.

$$R_{n1} = -3.32t \text{ (kg/cm)} \quad (\text{White meranti})$$

になる。

3.2.2 ベベルをつけた刃物で切削した時の垂直方向分力

逃面にベベルをつけた刃物を用い、刃先角を切削角より大きくとった条件下で切削角を変化させて切削した時の、単位切削幅あたりの切削抵抗の垂直方向分力 R_n (kg/cm) と単板厚さ t (mm) の関係を求め

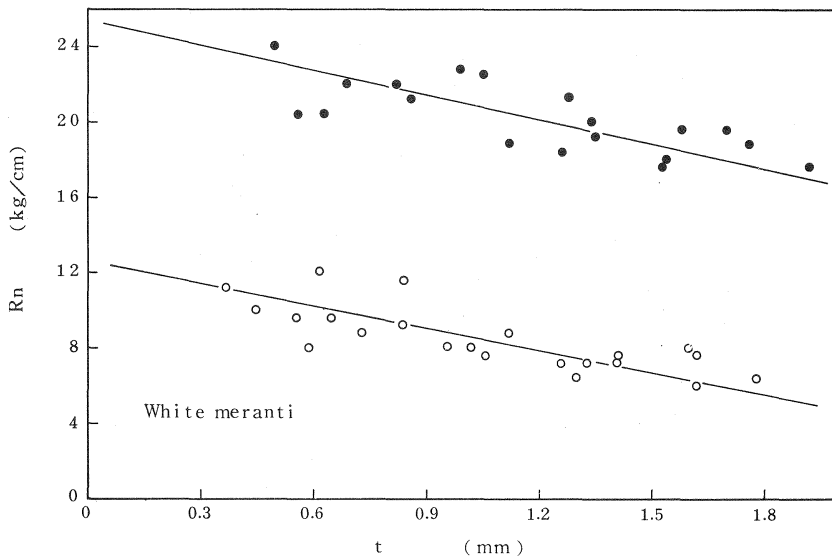


Fig. 23 切削抵抗の垂直方向分力 (R_n) と単板厚さ (t) の関係
(ホワイトメランチ)

Relation of normal component of cutting resistance (R_n) and
veneer thickness (t) (White meranti).

cut with No. 6 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°.

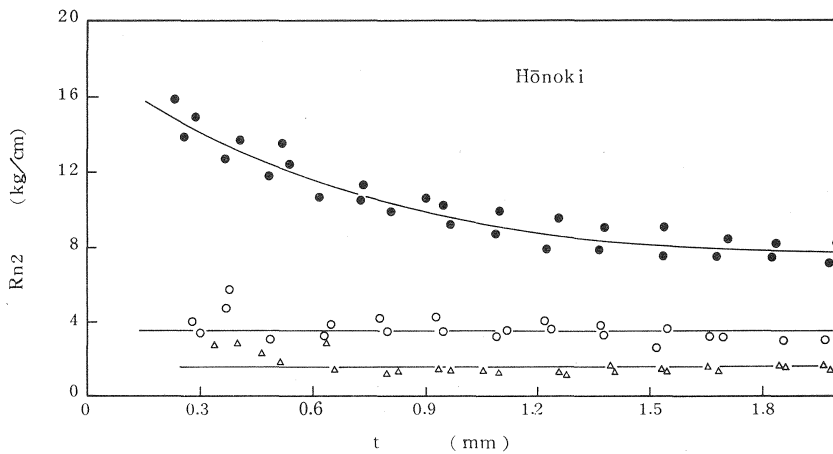


Fig. 24 刃物逃面に作用する切削抵抗の垂直方向分力成分 (R_{n2})
と単板厚さ (t) の関係 (ホノキ)

Relation of normal component of cutting resistance applied to the
knife face (R_{n2}) and veneer thickness (t) (Hōnoki).

cut with No. 3 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°, △ 24°.

た実験結果を Fig. 19～23 に示す。実験結果として、ホノキについては No. 3, No. 6, No. 7 の刃物を用い、切削角を変化させて切削した時の垂直方向分力と単板厚さの関係を示したが、レッドメランチ、ホワイトメランチ 2 樹種については、No. 6 の刃物で切削した時の結果のみを示すにとどめる。

Fig. 19～23 に示したように、切削抵抗の垂直方向分力は単板厚さの増大にともないほぼ直線的に低下

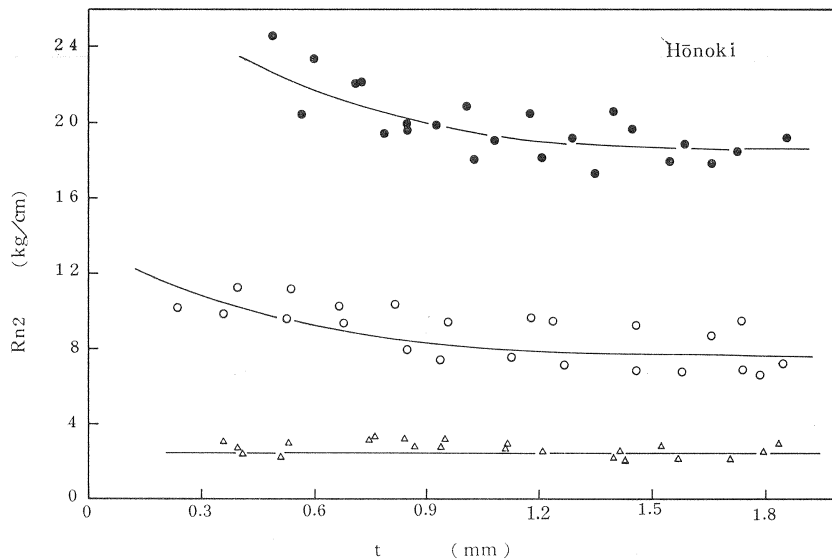


Fig. 25 刃物逃面に作用する切削抵抗の垂直方向分力成分 (R_{n2}) と単板厚さ (t) の関係 (ホオノキ)

Relation of normal component of cutting resistance applied to the knife face (R_{n2}) and veneer thickness (t) (Hōnoki).

cut with No. 6 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°, △ 24°.

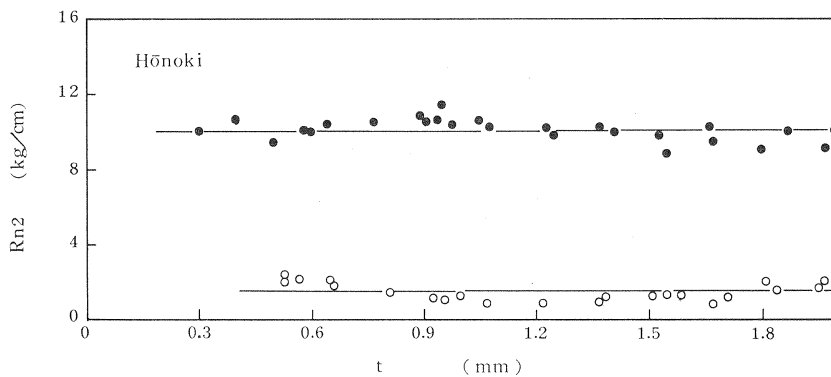


Fig. 26 刃物逃面に作用する切削抵抗の垂直方向分力成分 (R_{n2}) と単板厚さ (t) の関係 (ホオノキ)

Relation of normal component of cutting resistance applied to the knife face (R_{n2}) and veneer thickness (t) (Hōnoki).

cut with No. 7 knife, cutting angle ● 23°, ○ 24°.

する場合と、単板厚さが薄い範囲では指数曲線的に低下し、次第に直線的な低下に移行する場合とにわかれる。刃物逃面にベベルをつけ、刃先角を切削角よりも大きくとって切削した場合、一般に垂直方向分力は正の値になるが、上述のように単板厚さが厚くなるにつれてその値は次第に低下し、たとえばホオノキを No. 3 の刃物を用い切削角 23° で切削した場合単板厚さが約 1.2 mm、No. 7 の刃物を用い切削角 24° で切削した場合単板厚さが約 0.6 mm で、ロードセルで検出される 切削抵抗の垂直方向分力は正から負の値に変化する。ここで R_n が 0 になる場合、刃物逃面側に作用する垂直方向分力の成分とすくい面側に

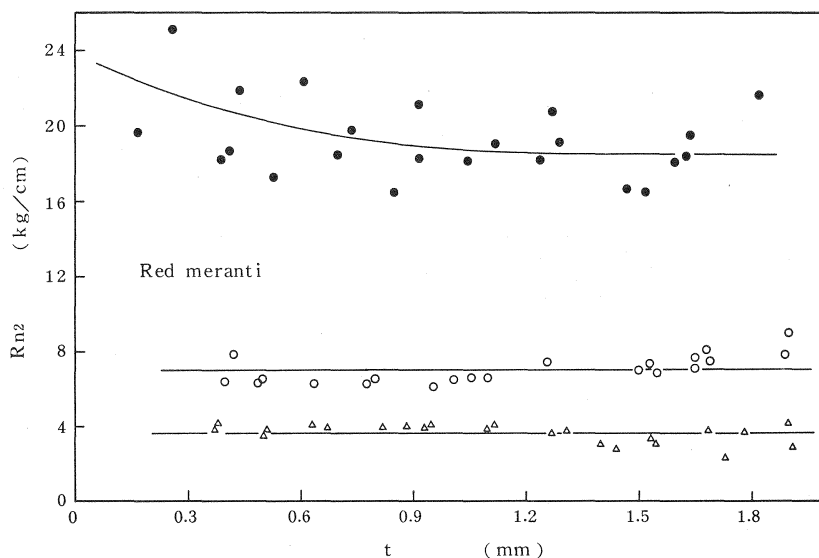


Fig. 27 刃物逃面に作用する切削抵抗の垂直方向分力成分 (R_{n2}) と単板厚さ (t) の関係 (レッドメランチ)

Relation of normal component of cutting resistance applied to the knife face (R_{n2}) and veneer thickness (t) (Red meranti).

cut with No. 3 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°, △ 24°.

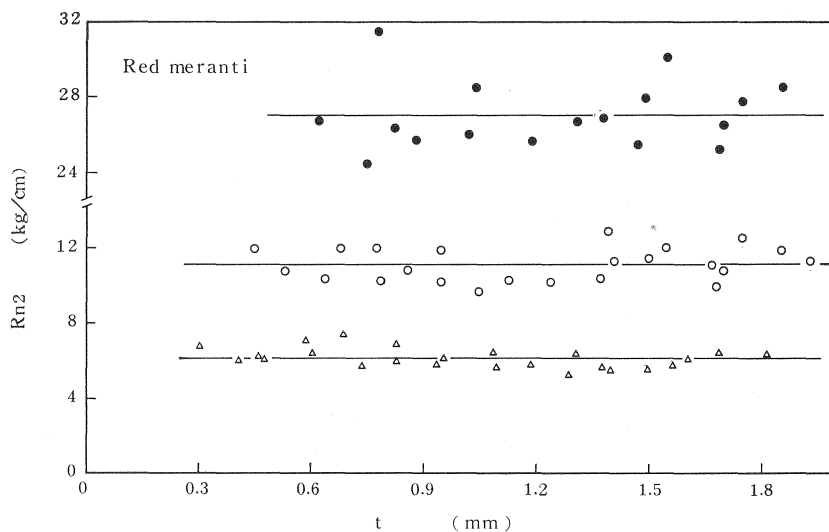


Fig. 28 刃物逃面に作用する切削抵抗の垂直方向分力成分 (R_{n2}) と単板厚さ (t) の関係 (レッドメランチ)

Relation of normal component of cutting resistance applied to the knife face (R_{n2}) and veneer thickness (t) (Red meranti).

cut with No. 6 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°, △ 24°.

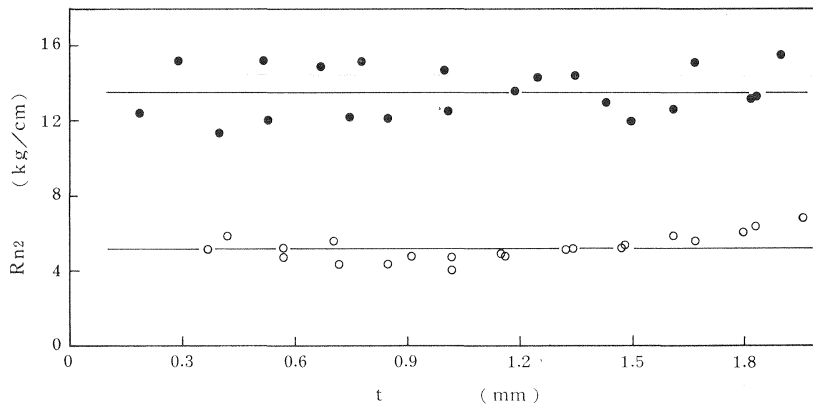


Fig. 29 刃物逃面に作用する切削抵抗の垂直方向分力成分 (R_{n2}) と単板厚さ (t) の関係 (レッドメランチ)

Relation of normal component of cutting resistance applied to the knife face (R_{n2}) and veneer thickness (t) (Red meranti).
cut with No. 7 knife, cutting angle ● 23° , ○ 24° .

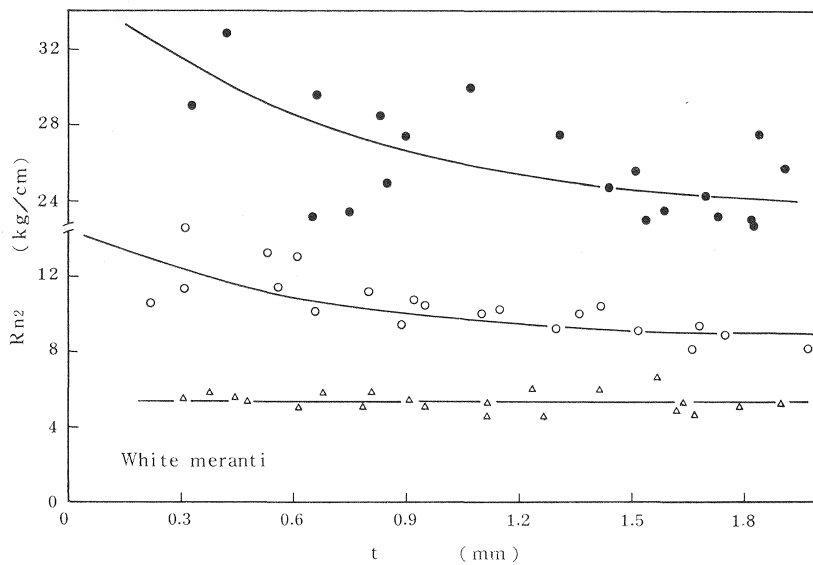


Fig. 30 刃物逃面に作用する切削抵抗の垂直方向分力成分 (R_{n2}) と単板厚さ (t) の関係 (ホワイトメランチ)

Relation of normal component of cutting resistance applied to the knife face (R_{n2}) and veneer thickness (t) (White meranti).
cut with No. 3 knife, cutting angle ● 21° , ○ 23° , △ 24° .

作用する成分の大きさが同じで、その作用方向が異なるためと考えられる。なお、刃物逃面にベベルをつけない場合でも切削角を大きくすると垂直方向分力の作用方向が変化する現象がみられ、この時の切削角を臨界切削角⁸⁾と称しているが、この角度は普通 $40^\circ \sim 50^\circ$ 程度であり、単板切削において通常用いられている切削角条件よりはるかに大きい。

逃面にベベルをつけた刃物で切削した時ロードセルで検出される単位切削幅あたりの切削抵抗の垂直方

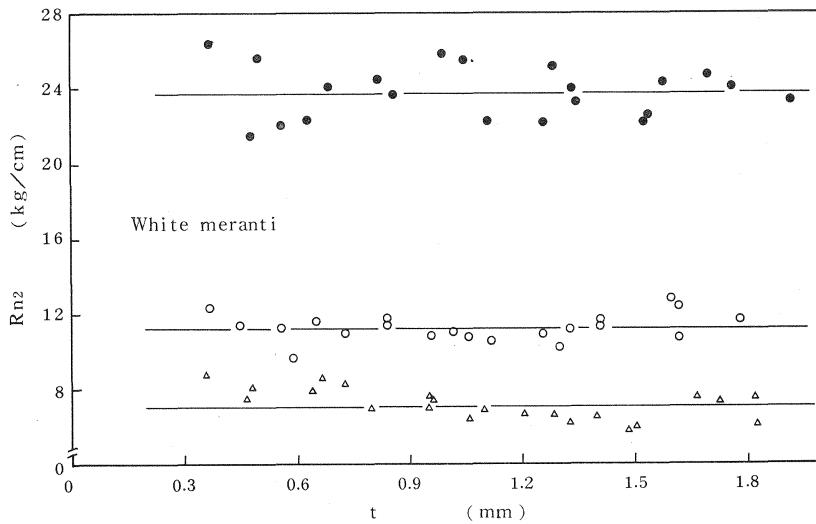


Fig. 31 刃物逃面に作用する切削抵抗の垂直方向分力成分 (R_{n2}) と単板厚さ (t) の関係 (ホワイトメランチ)

Relation of normal component of cutting resistance applied to the knife face (R_{n2}) and veneer thickness (t) (White meranti).

cut with No. 6 knife, cutting angle ● 21°, ○ 23°, △ 24°.

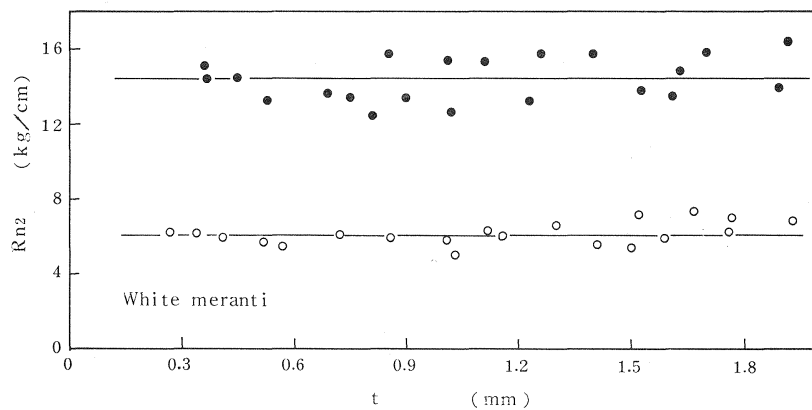


Fig. 32 刃物逃面に作用する切削抵抗の垂直方向分力成分 (R_{n2}) と単板厚さ (t) の関係 (ホワイトメランチ)

Relation of normal component of cutting resistance applied to the knife face (R_{n2}) and veneer thickness (t) (White meranti).

cut with No. 7 knife, cutting angle ● 23°, ○ 24°.

向分力 R_n (kg/cm) は、刃物すくい面に作用する成分 R_{n1} (kg/cm) と刃物逃面に作用する成分 R_{n2} (kg/cm) の和だと考えると、 $R_{n2} = R_n - R_{n1}$ となる。いま、 R_n を測定した単板厚さ t (mm) に対応する R_{n1} を前述の関係式、 $R_{n1} = -3.02t$ (ホオノキ)、 $R_{n1} = -2.54t$ (レッドメランチ)、 $R_{n1} = -3.32t$ (ホワイトメランチ) から求めることにより、刃物逃面に作用する垂直方向分力の成分 R_{n2} を求め、これと単板厚さの関係を示すと、Fig. 24~26 (ホオノキ)、Fig. 27~29 (レッドメランチ)、Fig. 30~32 (ホワイトメ

ランチ) のようになる。なお、実験にあたって逃面にベベルをつけた刃物として、No. 2 から No. 7 まで 6 通りの刃型の刃物を用意したが、その内 No. 2, 4, 5 の刃物を用いた実験では厚さ 1 mm 以上の単板切削を行なわなかったため、垂直方向分力の検討を行なう場合のデーターから除外した。

No. 3 の刃物を用い、切削角を 21° にして切削した場合、供試 3 樹種に共通する傾向として、刃物逃面に作用する切削抵抗の垂直方向分力の成分 R_{n2} は、単板厚さの増大とともに指数曲線的に低下する。この傾向はホオノキを No. 6 の刃物で切削角を 21° , 23° にして、またホワイトメラランチを No. 3 の刃物で切削角 23° の条件にして切削した時にもみられるが、それ以外の条件で切削した場合 R_{n2} は単板厚さに関係なくほぼ一定値を示す。 R_{n2} が単板厚さに関係なく一定値を示す場合、Fig. 19~23 に示したロードセルで検出される垂直方向分力 R_n と単板厚さの関係で、 R_n は単板厚さの増大にともない直線的に低下し、その低下の勾配は Fig. 16~18 に示した直刃で切削した時の R_n と単板厚さとの関係における直線の勾配に等しくなる。ここで、切削抵抗の垂直方向分力のうち刃物逃面に作用する成分 R_{n2} (kg/cm) と単板厚さ t (mm) の関係が指数曲線であらわされるものについて、その関係を次の実験式であらわすことにした。

$$R_{n2} = a_4 10^{-b_3 t} + c \quad (7)$$

R_{n2} : 切削抵抗の垂直方向分力のうち刃物逃面に作用する成分 (normal component of cutting resistance applied to the face side of knife, kg/cm)

Table 8. 刃物表面に作用する切削抵抗の垂直方向分力 R_{n2} (kg/cm) と単板厚さ t (mm) の関係 $R_{n2} = a_4 10^{-b_3 t} + c$ における定数 a_4 , b_3 , c
 a_4 , b_3 and c in relation of normal component of cutting resistance applied to the knife face R_{n2} (kg/cm) and veneer thickness t (mm)
 $R_{n2} = a_4 10^{-b_3 t} + c$

Knife No.	Cutting angle	Hōnoki			Red meranti			White meranti		
		a_4	b_3	c	a_4	b_3	c	a_4	b_3	c
3	21°	12.3	0.705	6.9	4.6	1.035	18.6	18.5	1.036	24.0
	23°	—	—	3.5*	—	—	7.0*	6.7	0.781	8.8
	24°	—	—	1.6*	—	—	3.7*	—	—	5.3*
6	21°	18.5	1.240	18.5	—	—	27.0*	—	—	23.7*
	23°	5.2	1.012	7.8	—	—	11.1*	—	—	11.2*
	24°	—	—	2.3*	—	—	6.1*	—	—	7.0*
7	23°	—	—	10.1*	—	—	13.5*	—	—	14.4*
	24°	—	—	1.5*	—	—	5.2*	—	—	6.1*

* $R_{n2} = c$

* (7) 式における定数 c は、単板厚さ t_1 , t_2 に対応する $(R_{n2})_1$, $(R_{n2})_2$ をとり、 $t_3 = (t_1 + t_2)/2$ に対応する $(R_{n2})_3$ を仮想した曲線上から求め、次式で算出した。

$$c = \frac{(R_{n2})_1 \times (R_{n2})_2 - (R_{n2})_3^2}{(R_{n2})_1 + (R_{n2})_2 - 2(R_{n2})_3}$$

c : (7) 式における定数 (constant in equation 7)

$(R_{n2})_1$, $(R_{n2})_2$, $(R_{n2})_3$: 単板厚さ t_1 , t_2 , t_3 における刃物逃面に作用する垂直方向分力の成分 (normal components of cutting resistance applied to the face side of knife at veneer thickness of t_1 , t_2 , t_3)

t : 単板厚さ (veneer thickness, mm)

a_4, b_3, c : 定数 (constant)

定数 a_4, b_3 および c の値を Table 8 に示す。なお、逃面における垂直方向分力の成分 R_{n2} が単板厚さに関係なく一定の値を示す場合、 R_{n2} の値を平均し、定数 c の値として示している。

刃物逃面に作用する切削抵抗の垂直方向分力の成分 R_{n2} と単板厚さ t の関係で、単板厚さが薄い範囲において R_{n2} は t に対して一定値をとらずに両者の関係が指数曲線であらわされる現象は、一般にベベルの幅を狭く、切削角を小さくにとって切削した時にあらわれやすく、またレッドメランチ、ホワイトメランチに比較してホオノキにおいてあらわれやすいようにもみられる。上記の現象は被削材の材質あるいは切削条件に関連してあらわれるように考えられるが、その明確な原因はわからない。このようなことから、本報では R_{n2} と t の関係において R_{n2} の値が t に関係なく安定し一定値を示す時の値、つまり Table 8 に示した定数 c の値を一応刃物逃面に作用する垂直方向分力の成分としてとりあげ、この値と刃物逃面における刃物と被削材との接触状態との関連について以下検討を進めることにする。

切削抵抗の水平方向分力と刃物逃面における刃物と被削材との接触状態との関係を検討するにあたっては、前に示したように Fig. 1 における被削材に対する刃物逃面の接触深さ h をとりあげ、水平方向分力のうち刃物逃面に作用する成分は h を増大させることにより直線的に増加するという結果が得られた。切削抵抗の垂直方向分力のうち、刃物逃面に作用する成分 R_{n2} の場合には、Fig. 1 において被削材母材表面 ($\overline{nr}$) と刃物逃面 ($\overline{nts}$) の囲む面積 s (被削材母材に対する刃物逃面の圧入量) との関連が深いものと考えて、次式により刃物逃面の圧入量 s を求めた。

$$s = \frac{l^2 \sin(\gamma - \theta) \sin(\gamma - \alpha)}{2 \sin(\theta - \alpha)} \quad (8)$$

s : 被削材に対する刃物逃面の圧入量 (pressure amount of knife face for material, $\triangle nts$ in Fig. 1, mm²)

l : 刃先逃面に付けたベベルの幅 (microbevel width on the face side of knife edge, mm)

γ : 刃先角 (sharpness angle)

α : 刃物角 (knife angle)

θ : 切削角 (cutting angle)

上式で求めた被削材母材に対する刃物逃面の圧入量 s と Table 8 に示した定数 c の関係を求めると Fig. 33~35 のようになる。なお、刃物逃面における部位により切削抵抗に与える度合も異なり、Fig. 1 において被削材の変形量が徐々に大きくなる $\overline{nt}$ の部位に比較して $\overline{ts}$ の部位における影響はかなり小さいものと考えられる。このことから刃物逃面による被削材母材の変形が最大になるまでの刃物逃面の圧入量 (Fig. 1 における $\triangle ntu$) を求め、この値に対して定数 c をプロットしたところ Fig. 33~35 に示した関係に比較して若干ばらつきが大きくあらわれたため、本報では Fig. 1 において $\triangle nts$ が囲む面積と定数 c の関係について以下検討することにする。なお、参考までに水平方向分力のうち刃物逃面に作用する成分 R_{p2} に関連して取上げた被削材に対する刃物逃面の接触深さ h に対して定数 c をプロットすると Fig. 36 に示すようになる。

Fig. 33~35 に示した結果から、定数 c と被削材に対する刃物逃面の圧入量 s の関係を求めるには、 $s = 10 \times 10^{-2} \text{ mm}^2 \sim 20 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$ に対応する c の値が欠落しておりやや問題はあがあるが、全般的にみて定

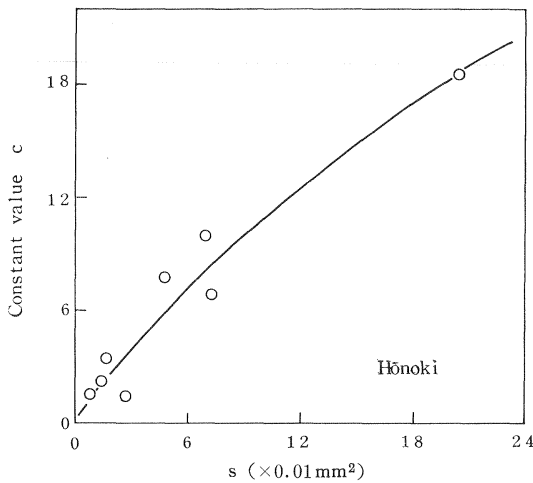


Fig. 33 実験式 $R_{n2}=a_4 10^{-b_3 t}+c$ における定数 c と刃物逃面における被削材に対する刃物の圧入量 (s) の関係 (ホノノキ)

Relation of constant c in empirical formula $R_{n2}=a_4 10^{-b_3 t}+c$ and pressure amount of knife for material at the face side of knife (s) (Hōnoki).

R_{n2} : normal component of cutting resistance applied to the knife face, t : veneer thickness, a_4 and b_3 : constant, s : shown in Fig. 1 and given by equation 8.

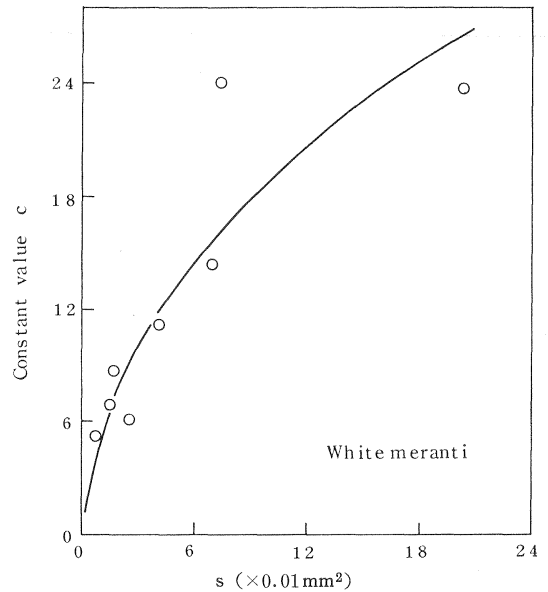
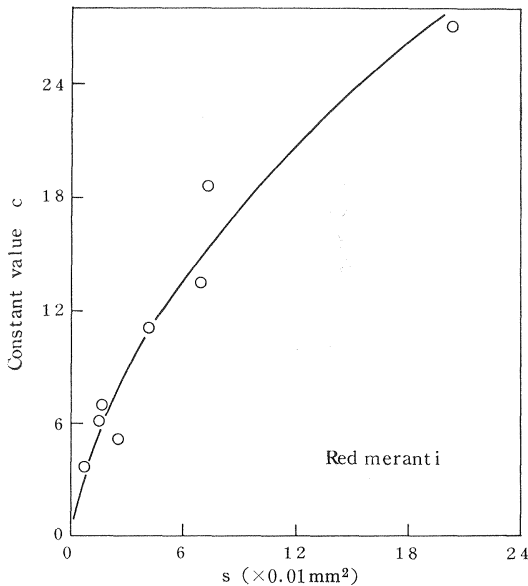


Fig. 35 実験式 $R_{n2}=a_4 10^{-b_3 t}+c$ における定数 c と刃物逃面における被削材に対する刃物の圧入量 (s) の関係 (ホワイトメランチ)

Relation of constant c in empirical formula $R_{n2}=a_4 10^{-b_3 t}+c$ and pressure amount of knife for material at the face side of knife (s) (White meranti).

R_{n2} : normal component of cutting resistance applied to the knife face, t : veneer thickness, a_4 and b_3 : constant, s : shown in Fig. 1 and given by equation 8.

Fig. 34 実験式 $R_{n2}=a_4 10^{-b_3 t}+c$ における定数 c と刃物逃面における被削材に対する刃物の圧入量 (s) の関係 (レッドメランチ)

Relation of constant c in empirical formula $R_{n2}=a_4 10^{-b_3 t}+c$ and pressure amount of knife for material at the face side of knife (s) (Red meranti).

R_{n2} : normal component of cutting resistance applied to the knife face, t : veneer thickness, a_4 and b_3 : constant, s : shown in Fig. 1 and given by equation 8.

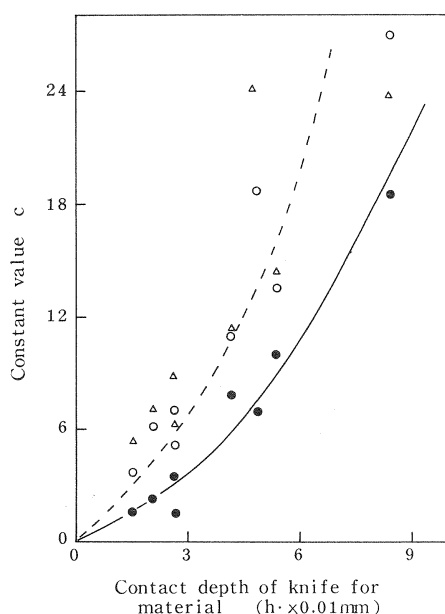


Fig. 36 実験式 $R_{n2} = a_4 10^{-b_3 t} + c$ における定数 c と刃物逃面における被削材に対する刃物の接触深さ (h) の関係

Relation of constant c in empirical formula $R_{n2} = a_4 10^{-b_3 t} + c$ and contact depth of knife for material at the face side of knife (h).

● : Hōnoki, ○ : Red meranti, △ : White meranti, R_{n2} : normal component of cutting resistance applied to the knife face, t : veneer thickness, a_4 and b_3 : constant, h : shown in Fig. 1 and given by equation 5.

以上切削抵抗の垂直方向成分について検討してきたが、その結果を要約すると次のようになる。刃物逃面にベベルをつけて、切削角<刃先角の条件で切削した時にロードセルで検出される切削抵抗の垂直方向分力 R_n は、刃物すくい面に作用する成分 R_{n1} と刃物逃面に作用する成分 R_{n2} の和だと考えられる。ここで、 R_{n1} は刃物逃面にベベルをつけずに切削した時に得られる垂直方向分力に相当し、単板厚さにより決められる。 R_{n2} の値として、 $R_n - R_{n1}$ を単板厚さに対してプロットした場合、 $R_n - R_{n1}$ が単板厚さに関係なく一定値を示した時の値だとすると、この値は被削材に対する刃物逃面の圧入量に左右される。いま、単板厚さを t (mm)、被削材に対する刃物逃面の圧入量を s (mm²) とすると、切削抵抗の垂直方向分力 R_n (kg/cm) は供試 3 樹種についてそれぞれ次のようになる。

$$R_n = -3.02t + 64.6s^{0.790} \quad (\text{Hōnoki})$$

$$R_n = -2.54t + 76.2s^{0.624} \quad (\text{Red meranti})$$

$$R_n = -3.32t + 59.8s^{0.511} \quad (\text{White meranti})$$

上記の実験式は単板厚さが厚い場合には問題はないが、今回行なった実験範囲でも一部の条件、つまり供試 3 樹種に共通して No. 3 の刃物を用い切削角 21° で、またホノノキを No. 6 の刃物を用い切削角 21°

数 c は s が小さい範囲で急激に増加し、その増加の度合は s が大きくなるにつれてしだいに低くなる傾向がみられることから、定数 c と刃物逃面の圧入量 s の関係を次の実験式であらわすことにする。

$$c = a_5 s^{b_4} \quad (9)$$

c : 7 式における定数 (constant value in equation 7)

s : 被削材に対する刃物逃面の圧入量 (pressure amount of knife face for material, mm²)

a_5, b_4 : 定数 (constant)

上記実験式における定数 a_5, b_4 を求めると、定数 c (kg/cm) と被削材に対する刃物逃面の圧入量 s (mm²) の関係は次のようになる。

$$c = 64.6s^{0.790} \quad (\text{Hōnoki})$$

$$c = 76.2s^{0.624} \quad (\text{Red meranti})$$

$$c = 59.8s^{0.511} \quad (\text{White meranti})$$

このようにして求めた定数 c の値は、単板厚さに関係なく被削材に対する刃物逃面の圧入量に左右されるもので、当初想定したようにロードセルで検出される切削抵抗の垂直方向分力 R_n は、刃物すくい面に作用する成分 R_{n1} と逃面に作用する成分 R_{n2} から構成されているとすると、ここで求めた定数 c は R_{n2} に相当し、つまり $c = R_{n2}$ と考えられる。

あるいは 23° で切削した場合、単板厚さが $1 \sim 1.5$ mm 以下になると逃面に作用する垂直方向分力の成分が上記実験式に示した値より若干高くなり、これにともない R_n の値もやや異なってくる。

3.3 切削抵抗の合力およびその作用方向

これまで直刃あるいは刃物逃面にベベルをつけて切削した時、ロードセルで検出される切削抵抗を水平方向分力および垂直方向分力の2方向分力にわけて検討してきたが、ここではそれら2分力の合力およびその作用方向と主に単板厚さの関連について検討することにする。切削抵抗の水平方向分力 R_p と垂直方向分力 R_n から、それら2分力の合力 R は次式で求められる。

$$R = \sqrt{R_p^2 + R_n^2}$$

R : 切削抵抗の合力 (resultant of cutting resistance, kg/cm)

R_p : 切削抵抗の水平方向分力 (parallel component of cutting resistance, kg/cm)

R_n : 切削抵抗の垂直方向分力 (normal component of cutting resistance, kg/cm)

なお、合力の作用方向 (切削方向からのへだたり) は水平方向分力 R_p と垂直方向分力 R_n の比, R_n/R_p であらわすことにする。

刃先逃面にベベルをつけない刃物を用い、切削角を 21° にして切削した時の切削抵抗の合力と単板厚さの関係を Fig. 37 に示す。切削抵抗の合力は供試3樹種のいずれの場合でも、単板厚さが厚くなるにつれて直線的に増加する傾向を示し、単位切削幅あたりの合力 R (kg/cm) と単板厚さ t (mm) の関係についての実験式を求めると次のようになる。

$$R = 4.05t + 0.73 \quad (\text{Hōnoki})$$

$$R = 3.96t + 1.49 \quad (\text{Red meranti})$$

$$R = 5.90t + 1.83 \quad (\text{White meranti})$$

供試3樹種中、ホオノキとレッドメランチでは上記直線式における勾配はほぼ同程度の値を示し、ホワイトメランチの場合にはこれら2樹種に比較して若干高くなっている。このことに関連して、直刃で切削した時の切削抵抗の水平方向分力および垂直方向分力と単板厚さとの関係における実験式の勾配をみると、Table 2 および Table 7 に示した定数 a_1 および a_3 にみられるようにホワイトメランチの場合直線

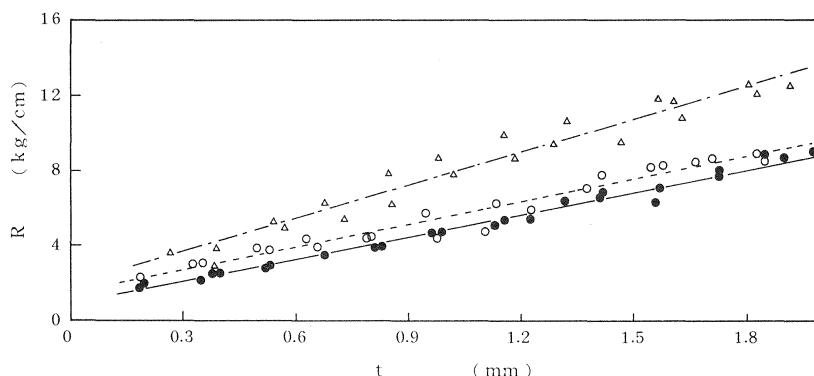


Fig. 37 切削抵抗の合力 (R) と単板厚さ (t) の関係

Relation of resultant of cutting resistance (R) and veneer thickness (t).

cut with No. 1 knife, ● : Hōnoki, ○ : Red meranti, △ : White meranti, cutting angle 21° .

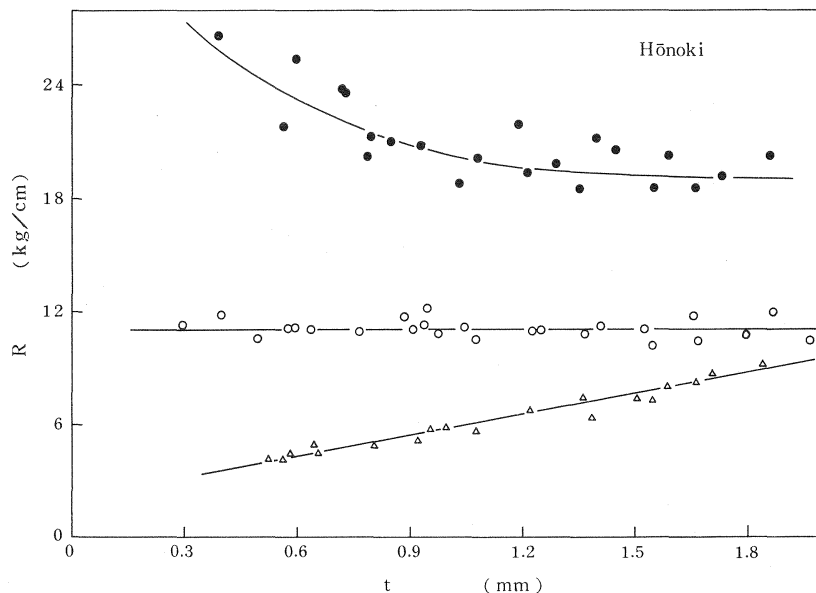


Fig. 38 ベベルをつけた刃物で切削した時の切削抵抗の合力 (R) と
単板厚さ (t) の関係 (ホノノキ)

Relation of resultant of cutting resistance (R) and veneer thickness (t)
in cutting with microbevelled knife (Hōnoki).

● : cut with No. 6 knife, cutting angle 21° , ○ : No. 7 knife, cutting angle 23° ,
△ : No. 7 knife, cutting angle 24° .

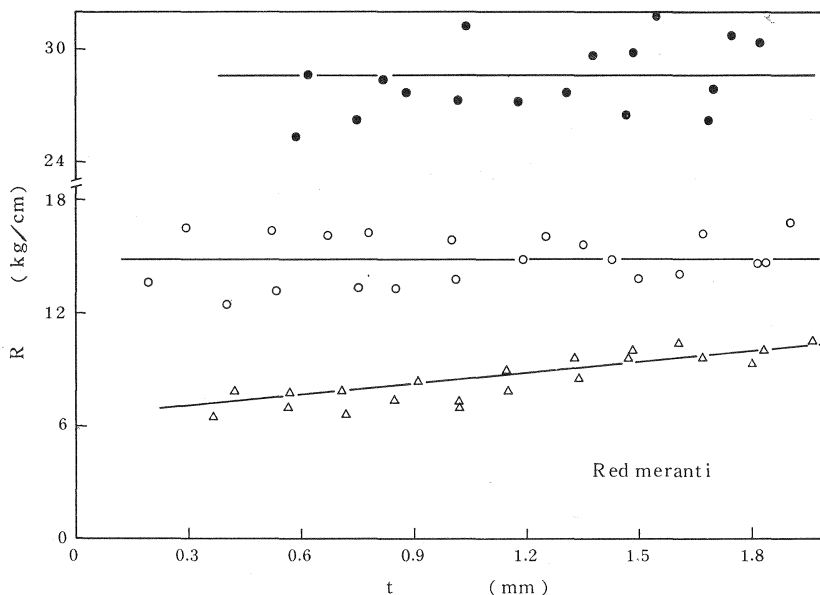


Fig. 39 ベベルをつけた刃物で切削した時の切削抵抗の合力 (R) と
単板厚さ (t) の関係 (レッドメランチ)

Relation of resultant of cutting resistance (R) and veneer thickness (t)
in cutting with microbevelled knife (Red meranti).

● : cut with No. 6 knife, cutting angle 21° , ○ : No. 7 knife, cutting angle 23° ,
△ : No. 7 knife, cutting angle 24° .

式の勾配は他の2樹種に比べて高い値を示している。なお実験結果を示すのは省略したが、直刃で切削角を 21° ～ 27° の範囲で変化させても切削抵抗の合力と単板厚さに直線関係は存在し、その直線式の勾配はFig. 37に示した切削角 21° の場合に比較して大きな相違は認められない。

つぎにベベルをつけた刃物を用い、切削角を変化させた時の切削抵抗の合力と単板厚さの関係についての実験結果をFig. 38～40に示す。この場合刃物逃面につけたベベル条件および切削角条件から、(8)式により被削材に対する刃物逃面の圧入量 s を求め、今回行なった実験範囲において圧入量が大(刃物No. 6, 切削角 21° , $s=20.4 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$), 中庸(刃物No. 7, 切削角 23° , $s=7.0 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$), 小(刃物No. 7, 切削角 24° , $s=2.6 \times 10^{-2} \text{ mm}^2$)の3条件を選び、実験結果の例として示した。被削材に対する刃物逃面の圧入量が大きくなると測定値の変動もやや大きくなり、切削抵抗の合力と単板厚さ間の正確な傾向を把握するのが困難な場合もあるが、全般的な傾向として次のようなことが考えられる。

被削材に対する刃物逃面の圧入量 s が小さい場合、ホオノキ、レッドメランチ2樹種では、Fig. 38およびFig. 39のNo. 7の刃物を用い、切削角を 24° にして切削した時の結果にもみられるように、切削抵抗の合力は単板厚さの増大とともに直線的に増加する傾向を示し、これと同じ傾向はNo. 3の刃物で切削角 23° および 24° 、あるいはNo. 6の刃物を用い切削角 24° の条件で切削した時にも認められる。ホワイトメランチの場合、 s が小さい時の合力と単板厚さの関係は、ホオノキ、レッドメランチとやや傾向を異にし、Fig. 40に示すように単板厚さが薄い範囲では合力はほぼ一定の値を示し、単板厚さが約1 mm以上になると徐々に増加しはじめる傾向がみられる。この傾向はホワイトメランチにおいて s が小

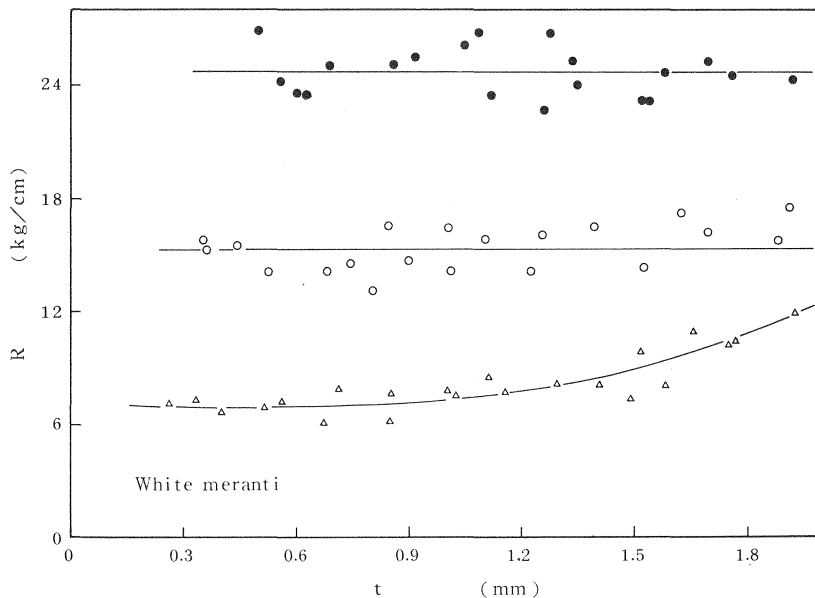


Fig. 40 ベベルをつけた刃物で切削した時の切削抵抗の合力 (R) と単板厚さ (t) の関係 (ホワイトメランチ)

Relation of resultant of cutting resistance (R) and veneer thickness (t) in cutting with microbevelled knife (White meranti).

● : cut with No. 6 knife, cutting angle 21° , ○ : No. 7 knife, cutting angle 23° ,
△ : No. 7 knife, cutting angle 24° .

さい条件で切削した場合、つまり No. 3 の刃物を用い切削角 24° 、No. 6 の刃物を用い切削角 24° の条件で切削した場合にも共通して認められる。被削材に対する刃物逃面の圧入量がやや大きくなると、Fig. 38 ~40 に No. 7 の刃物を用い、切削角を 23° にして切削した結果を示したように合力は単板厚さに関係なくほぼ一定の値を示し、この傾向は供試3樹種に共通している。つぎに、今回行なった条件のなかでもっとも刃物逃面の圧入量を大きくとった場合、つまり No. 6 の刃物を用い切削角 21° で切削した時の結果をみると、レッドメランチ、ホホワイトメランチでは圧入量を中程度において実験を行なった場合と同じく

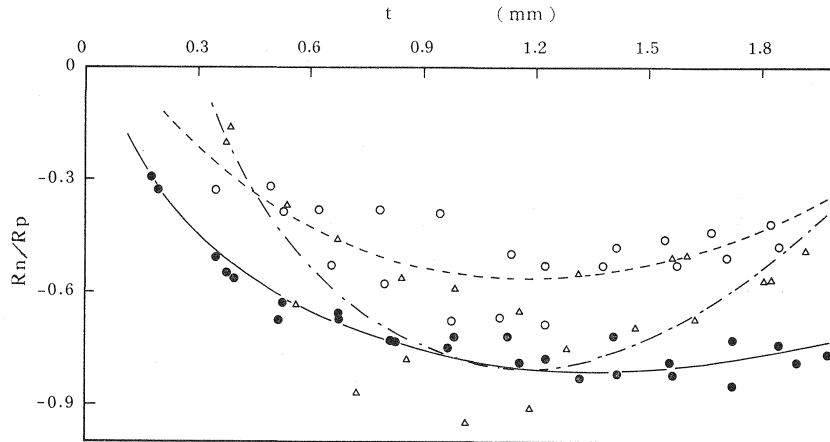


Fig. 41 R_n/R_p と単板厚さ (t) の関係

Relation of R_n/R_p and veneer thickness (t).

cut with No. 1 knife, ●: Hōnoki, ○: Red meranti, △: White meranti,
 R_n, R_p : normal and parallel component of cutting resistance, cutting
angle 21° .

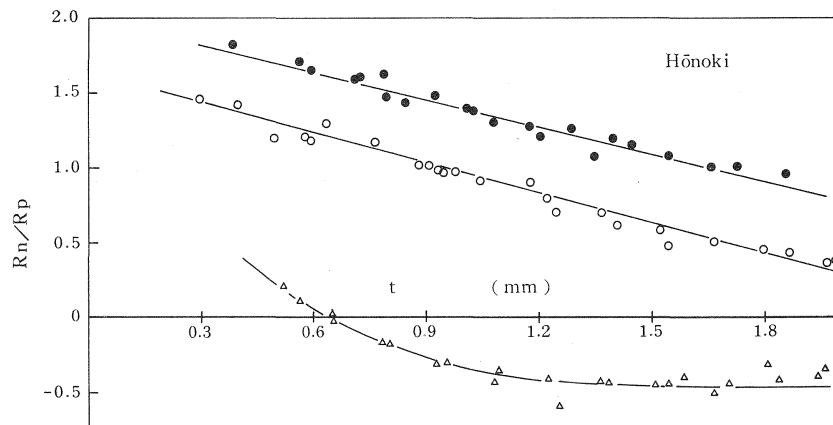


Fig. 42 ベベルをつけた刃物で切削した時の R_n/R_p と単板厚さ (t) の関係 (ホオノキ)

Relation of R_n/R_p and veneer thickness (t) in cutting
with microbevelled knife (Hōnoki).

●: cut with No. 6 knife, cutting angle 21° , ○: No. 7 knife, cutting angle
 23° , △: No. 7 knife, cutting angle 24° , R_n, R_p : normal, parallel component
of cutting resistance.

合力は単板厚さに関係なく一定値を示しているが、ホオノキでは単板厚さが薄い範囲で合力は単板厚さが厚くなるにつれて低下し、しだいに一定の値に落ち着くような傾向を示す。上記のホオノキを切削した時にみられる傾向は、刃物逃面の被削材に対する圧入量はやや小さくなるが供試3樹種を No. 3 の刃物で切削角を 21° 、ホオノキを No. 6 の刃物で切削角を 23° 、ホワイトメランチを No. 3 の刃物で切削角を 23° にして切削した時にもみられ、これらの条件は前に述べた切削抵抗の垂直方向分力のうち刃物逃面に作用する成分 R_{n2} と単板厚さの関係が指数曲線であらわされる条件に一致している。

つぎに切削抵抗の垂直方向分力 R_n と水平方向分力 R_p の比 R_n/R_p と単板厚さの関係を求めると Fig. 41~44 のようになる。刃物逃面にベベルをつけない刃物を用い、切削角を 21° にして切削した時の結果

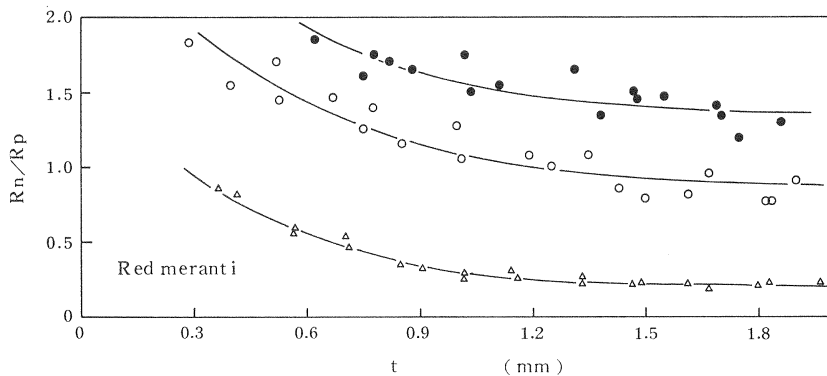


Fig. 43 ベベルをつけた刃物で切削した時の R_n/R_p と単板厚さ (t) の関係 (レッドメランチ)

Relation of R_n/R_p and veneer thickness (t) in cutting with microbevelled knife (Red meranti).

● : cut with No. 6 knife, cutting angle 21° , ○ : No. 7 knife, cutting angle 23° , △ : No. 7 knife, cutting angle 24° , R_n , R_p : normal, parallel component of cutting resistance.

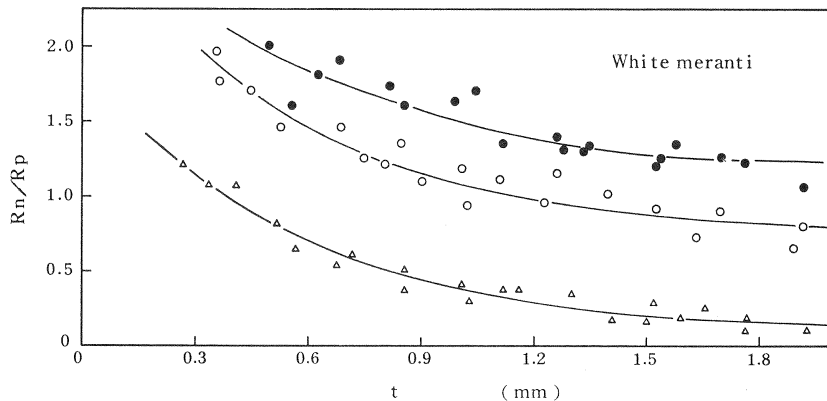


Fig. 44 ベベルをつけた刃物で切削した時の R_n/R_p と単板厚さ (t) の関係 (ホワイトメランチ)

Relation of R_n/R_p and veneer thickness (t) in cutting with microbevelled knife (White meranti).

● : cut with No. 6 knife, cutting angle 21° , ○ : No. 7 knife, cutting angle 23° , △ : No. 7 knife, cutting angle 24° , R_n , R_p : normal, parallel component of cutting resistance.

を Fig. 41 に示しているが、切削抵抗の垂直方向分力の作用方向を Fig. 2 に示すように、刃物を押し上げる方向に作用する場合を正、被削材母材側に押し下げる方向に作用する場合を負としたため、ベベルをつけない直刃で切削した場合には R_n/R_p は負の値をとる。レッドメランチ、ホワイトメランチの 2 樹種では測定値のばらつきがやや大きい、全般的な傾向として R_n/R_p の絶対値は、単板厚さが約 1.2 mm までは単板厚さの増大とともに増加し、単板厚さが 1.2 mm 以上になると逆に低下する傾向を示す。この場合、ホオノキでの低下度合は他の 2 樹種に比較するとかなり小さく、ホワイトメランチにおける R_n/R_p の単板厚さの変化にともなう増加度合、低下度合は大きくあらわれている。単板厚さが 1.2 mm 程度以上で、 R_n/R_p の絶対値が単板厚さの増大にともない樹種により若干その程度に相違はあるがいずれも低下する原因のひとつとして次のようなことが考えられる。つまり、Fig. 16~18 に示した切削抵抗の垂直方向分力と単板厚さの関係において、垂直方向分力は単板厚さを厚くすることにより直線的に低下（負側に増大）するとし、両者の関係を直線式であらわしたが、厳密に検討すると単板厚さが厚くなった場合両者の関係は直線式からややはずれる傾向がみられる。今回の実験では単板厚さを最大 2 mm 程度とし、また切削にともない単板内に発生する切削割れの深さあるいはその侵入角度等の測定を行っていないため明確なことは不明であるが、単板厚さが厚くなると切削割れの程度も大きくなることが予想され、このことが単板厚さが厚くなった時切削抵抗の垂直方向分力が直線式からはずれる原因になるものと考えられる。

逃面にベベルをつけた刃物を用い、切削角を変化させて切削した時の R_n/R_p と単板厚さの関係についての実験結果を Fig. 42~44 に示している。この場合実験結果の例として、切削抵抗の合力と単板厚さの関係についての実験結果を Fig. 38~40 に示したが、その時の切削条件と同一条件で切削した時の結果のみを示しておく。ベベルをつけない刃物で切削した場合と比較して、刃先にベベルをつけ切削角を小さくにとって切削すると、垂直方向分力のうち刃物逃面に作用する成分がすくい面に作用する成分よりも大きくなり、 R_n/R_p は正の値、つまり Fig. 2 において刃物を被削材母材から離す方向に合力は作用する。実験結果からも明かなように、 R_n/R_p は単板厚さを厚くすることによりいずれの切削条件で切削しても低下する傾向を示す。この場合、ホオノキを被削材に対する刃物逃面の圧入量を大きくにとって切削すると、 R_n/R_p と単板厚さの関係は直線関係であらわれ、それ以外の樹種切削条件では単板厚さが薄い範囲で R_n/R_p は急激に低下した後しだいに一定値に接近するような傾向を示す。 R_n/R_p が 0 になる場合は、 R_n の値が 0 になる時で、この時の条件はベベルの幅、刃先角、切削角、単板厚さ等の条件に左右され、また樹種によっても若干異なるが、今回行った実験条件の範囲において、ホオノキでは No. 3 あるいは No. 7 の刃物で切削角を 24° にして切削した時単板厚さが 0.6~0.7 mm で、また No. 6 の刃物で切削角を同じく 24° にした時単板厚さが 0.8 mm 付近で R_n/R_p は 0 になる。レッドメランチ、ホワイトメランチでは、 R_n/R_p が 0 になる条件はホオノキに比較してかなり限定され、No. 6 の刃物を用い切削角を 24° にした時、単板厚さが 1.5~1.8 mm 付近で R_n/R_p は正から負の値に変化する。なお、 R_n/R_p の値が 0 にならないまでも非常に小さくなる条件で単板切削を行えば、切削時の刃先位置の変動を低下させるのに効果があり、単板の切削面にも影響するものと考えられるが、これらの点については次報で検討する予定である。

以上刃先にベベルをつけない直刃および逃面にベベルをつけた刃物を用い、切削角、単板厚さを変化させた時の切削抵抗の合力およびその作用方向について検討を行ってきたが、結果を要約すると次のよう

になる。

刃物逃面にベベルをつけない直刃を用いて切削した場合、切削抵抗の合力は単板厚さを厚くすることにより直線的に増加する傾向を示し、その増加度合はホオノキ、レッドメランチ間で大きな相違はみられず、ホワイトメランチの場合上記2樹種に比較して若干高くなっている。合力の作用方向を示す指標として、垂直方向分力 R_n と水平方向分力 R_p の比 R_n/R_p をとると、 R_n/R_p は負の値を示すが、その絶対値は単板厚さが 1.2 mm 付近で最大値を示し、1.2 mm 以上になると R_n/R_p の絶対値は単板厚さの増大にともない、ホオノキでは徐々に、レッドメランチ、ホワイトメランチではやや急に低下する傾向がみられる。

逃面にベベルをつけた刃物を用い、切削角を変化させて切削した場合、切削抵抗の合力と単板厚さの関係は被削材に対する刃物逃面の圧入量により傾向を異にする。全般的にみて刃物逃面の圧入量が小さい場合には、切削抵抗の合力は単板厚さが厚くなるにつれて増加するが、圧入量が大きくなると合力は単板厚さに関係なくほぼ一定値を示すか、単板厚さの増大にともない合力は逆に低下する傾向がみられる。切削抵抗の垂直方向分力と水平方向分力の比 R_n/R_p は、被削材に対する刃物逃面の圧入量が大きいほど高い値を示すが、一部の条件で切削した場合を除くと単板厚さが厚くなるにつれて R_n/R_p は指数曲線的に低下し、ベベル、切削角、単板厚さ等の条件によりその値は正から負、つまり Fig. 2 において刃物を単板側に押し上げる方向から、被削材母材側に押しつける方向に変化する。

4. ま と め

単板切削において刃物逃面にベベルをつけない直刃およびベベルをつけた刃物を用いて切削した時、刃物に作用する切削抵抗の挙動をベベルの幅、刃先角、切削角、単板厚さ等と関連づけて検討した。用意した刃物は7枚で、Table 1 に示したように刃物逃面側(刃表側)に幅 0 mm (直刃) から 1.55 mm までのベベルをつけた。なお、今回行なった実験ではベベルの幅のみを主として変化させた。刃物逃面における刃物と被削材との接触状態と切削抵抗との関連を検討するに際しては、Fig. 1 に示した被削材に対する刃物逃面の接触深さ h あるいは圧入量 s を求めた。なお、供試樹種としてホオノキ、レッドメランチ、ホワイトメランチの3樹種を選び、いずれも飽水状態で横切削により厚さ 2 mm 程度までの単板切削を Fig. 4 に示す小型の切削試験装置で行なった。得られた結果をとりまとめると次のようになる。

1) 単位切削幅あたりの切削抵抗の水平方向分力 R_p (kg/cm) は、刃物すくい面に作用する成分 R_{p1} (kg/cm)、逃面に作用する成分 R_{p2} (kg/cm) および刃先近傍において被削材を变形させるに要する成分 R_{p3} (kg/cm) の和、 $R_p = R_{p1} + R_{p2} + R_{p3}$ であらわされ、 R_{p1} は単板厚さ t (mm) に、 R_{p2} は被削材に対する刃物逃面の接触深さ h (mm) にそれぞれ影響を受け、 R_{p3} は樹種による一定値を示す。供試3樹種について、 R_{p1} 、 R_{p2} 、 R_{p3} を求めると次のようになる。

$$R_{p1} = 2.62t, \quad R_{p2} = 84.5h, \quad R_{p3} = 1.08 \quad (\text{Hōnoki})$$

$$R_{p1} = 3.56t, \quad R_{p2} = 112.6h, \quad R_{p3} = 1.68 \quad (\text{Red meranti})$$

$$R_{p1} = 4.48t, \quad R_{p2} = 91.3h, \quad R_{p3} = 1.64 \quad (\text{White meranti})$$

2) 切削抵抗の垂直方向分力 R_n (kg/cm) の場合、刃物すくい面に作用する成分 R_{n1} (kg/cm) と逃面に作用する成分 R_{n2} (kg/cm) の和と考えると、 R_{n1} は単板厚さ t (mm) と直線関係、 R_{n2} は被削材に対する刃物逃面の圧入量 s (mm²) と指数関数であらわされる関係を示し、それぞれの樹種について

R_{n1} および R_{n2} は次のようになる。

$$R_{n1} = -3.02t, R_{n2} = 64.6s^{0.790} \quad (\text{Hōnoki})$$

$$R_{n1} = -2.54t, R_{n2} = 76.2s^{0.624} \quad (\text{Red meranti})$$

$$R_{n1} = -3.32t, R_{n2} = 59.8s^{0.511} \quad (\text{White meranti})$$

なお、上記の関係は単板厚さが厚い場合には成立するが、単板厚さが薄くなると一部の条件では若干ずれる場合もあり、本実験においてその原因を把握するまでにはいたらなかった。

3) 切削抵抗の合力と単板厚さの関係において、被削材に対する刃物逃面の圧入量が小さい場合、合力は単板厚さを厚くすることにより増加する傾向を示すが、圧入量を大きくしていくと合力は単板厚さに関係なく一定値を示すようになり、条件によっては圧入量が小さい場合と逆の現象、つまり合力は単板厚さを厚くすることによりしだいに低下する傾向もみられる。

4) 切削抵抗の垂直方向分力 R_n と水平方向分力 R_p の比 R_n/R_p は、ベベルをつけない直刃で切削すると負になり、その絶対値は単板厚さ 1.2 mm 付近で最大になる。ベベルをつけた刃物で切削した場合、被削材に対する刃物逃面の圧入量が大きいと R_n/R_p も高い値を示すが、その値は単板厚さの増大とともに低下し、ベベル、切削角、単板厚さ等の条件の組合せで $R_n/R_p=0$ になる条件が存在する。

参 考 文 献

- 1) FEIHL, O., H. G. M. COLBECK and V. GODIN : Canada Dept. of Forestry, Publication No. 1004, (1965)
- 2) FEIHL, O. and V. GODIN : Canada Dept. of Forestry, Publication No. 1158, (1967)
- 3) 林 大九郎・栃木紀郎 : 東京教育大学農学部紀要, No. 17, (1971)
- 4) 横山五郎 : 木材工業, 19, 99, (1964)
- 5) McKENZIE, W. M. : Forest Products Journal, 17, 4, (1967)
- 6) 小出重治 : 木材工業, 4, 314, (1949)
- 7) FRANZ, N. C. : University of Michigan Press, Engineering Research Institute Publication Report (1958)
- 8) 枝松信之・森 稔 : 製材と木工, pp. 203~209, 森北出版, (1963)

Effects of Knife Edge Profiles on Veneer Cutting (1)

Effects of microbevel conditions on cutting resistance

Nobuyuki KINOSHITA⁽¹⁾

Summary

There are three methods for increasing the resistance of the knife edge to damage in veneer cutting, 1) increasing the strength of knife edge by microbevel, 2) increasing the strength of knife edge by increasing of knife angle, 3) softening the bolts by heating. The first method seems to be most effective for increasing the resistance of the knife edge than the second or the third method because increasing of knife angle does not show the large improvement for knife edge resistance, and may cause the deeper lathe checks, and heating the bolts result in high cost and low efficiency of veneer production. In veneer cutting with a microbevelled knife, if excess width or angle of microbevel is used, larger cutting resistance apply to the knife and veneer surface become rough. This report investigated on the relation of knife edge profiles and cutting resistance applied to the knife in connection with veneer thickness and cutting angle, as the first stage of determination of optimum shape of microbevel on the knife edge.

Water saturated Hōnoki (specific gravity in oven-dry weight and volume 0.43), Red meranti (0.52) and White meranti (0.55) were cut in laboratory scale orthogonal cutting using a knife without microbevel and another knives with microbevel. After seven knives were ground with knife angle of 20° and wire edge removed, different profiles were shaped on a whetstone. Microbevel was not shaped on No. 1 knife and shaped on the face side of No. 2 to No. 7 knives with the width of 0.40 mm to 1.55 mm as shown in Table 1. Cutting condition were as follows : veneer thickness varied from 0.2 mm to 2 mm, cutting angle varied from 21° to 27° in cutting using a knife without microbevel, and from 21° to 24° in cutting using the knives with microbevel, cutting speed was 200 mm/min., cutting width was 1.0 cm, cutting direction was perpendicular to the longitudinal direction of wood, nose-bar did not apply in cutting. The results were summarized as follows :

1) It was assumed that the parallel component of cutting resistance (R_p) measured with the two dimensional dynamometer shown in Fig. 2 consisted of the resistance applied to the knife back (R_{p1}), to the knife face (R_{p2}) and the resistance needed for deformation of wood ahead of the knife edge (R_{p3}).

$$R_p = R_{p1} + R_{p2} + R_{p3}$$

The parallel component of cutting resistance in cutting with No. 1 knife (without microbevel) increased as increasing of veneer thickness (t) as shown in Fig. 5 to Fig. 7. The relation of the parallel component of cutting resistance per 1.0 cm of cutting width R_p (kg/cm) and veneer thickness t (mm) was given by,

$$R_p = a_1 t + b_1 \quad (a_1, b_1 : \text{constant})$$

It was considered that $a_1 t$ and b_1 in above equation corresponded to R_{p1} and R_{p3} respectively,

Received June 27, 1979

(1) Wood Technology Division

because the resistance applied to the face side of knife did not apply when veneer was cut with No. 1 knife. Though R_{p1} , R_{p2} and R_{p3} applied to the knife in cutting with No. 2 to No. 7 knife, R_{p1} and R_{p3} should be the same value as in cutting with No. 1 knife. The resistance applied to the face side of knife R_{p2} corresponded to the difference of R_p in cutting with No. 1 knife and in cutting with No. 2 to No. 7 knife. As shown in Fig. 13 to Fig. 15, the parallel component of cutting resistance applied to the face side of knife R_{p2} increased linearly as increasing of the contact depth of knife face for material h given by equation 5. R_{p1} (kg/cm), R_{p2} (kg/cm) and R_{p3} (kg/cm) were summarized as follows :

Hōnoki	$R_{p1}=2.62 t, R_{p2}=84.5 h, R_{p3}=1.08$
Red meranti	$R_{p1}=3.56 t, R_{p2}=112.6 h, R_{p3}=1.68$
White meranti	$R_{p1}=4.48 t, R_{p2}=91.3 h, R_{p3}=1.64$

2) It was assumed that the normal component of cutting resistance R_n measured with the two dimensional dynamometer consisted of the resistance applied to the knife back R_{n1} and to the knife face R_{n2} ,

$$R_n = R_{n1} + R_{n2}$$

As the cutting resistance applied only to the back side of knife when veneer was cut with No. 1 knife, the normal component of cutting resistance R_n measured in cutting with No. 1 knife was considered to be equal to the cutting resistance applied to the knife back R_{n1} . The relation of $R_n (=R_{n1})$ and veneer thickness t (mm) were shown in Fig. 16 to Fig. 18 and were expressed by,

$$R_n (=R_{n1}) = a_3 t \quad (a_3 : \text{constant})$$

The normal component applied to the face side of knife (R_{n2}) could be obtained by subtracting R_{n1} from R_n (in cutting with No. 2 to No. 7 knife). R_{n2} did not change when veneer thickness was changed and R_{n2} was expressed by $R_{n2}=c$ (c : constant) with the exception of cutting under some conditions. The normal component of cutting resistance applied to the face side of knife (R_{n2}) decreased as increasing of veneer thickness at the range of thin veneer thickness in cutting with some conditions as shown in Fig. 24, 25, 27 and 30. In this case, the relation of R_{n2} and veneer thickness t was expressed by the following equation,

$$R_n = a_4 10^{-b_3 t} + c \quad (a_4, b_3, c : \text{constant})$$

Although the reason why R_{n2} decreased as increasing of veneer thickness could not be clear, the first term ($a_4 10^{-b_3 t}$) in above equation was neglected, and assumed that R_{n2} was equal to the constant value c in this experiment. The constant value $c (=R_{n2})$ increased as the pressure amount of knife face for material s given by equation 8 as shown in Fig. 33 to Fig. 35. The relation of $c (=R_{n2})$ and s (mm) could be expressed by,

$$c (=R_{n2}) = a_5 s^{b_4} \quad (a_5, b_4 : \text{constant})$$

By obtaining of constant values a_3 , a_5 and b_4 , the normal component of cutting resistance applied to the knife back R_{n1} (kg/cm) and to the knife face R_{n2} (kg/cm) were as follows :

Hōnoki	$R_n = -3.02 t, R_n = 64.6 s^{0.790}$
Red meranti	$R_n = -2.54 t, R_n = 76.2 s^{0.624}$
White meranti	$R_n = -3.32 t, R_n = 59.8 s^{0.511}$

3) The resultant of cutting resistance R increased as increasing of veneer thickness when veneer cutting was carried out with the condition of small pressure amount of knife for material at the face side of knife, but the resultant of cutting resistance did not change or decreased as increasing of veneer thickness in cutting with the condition of large pressure amount of knife face for material as shown in Fig. 38 to Fig. 40.

4) The direction of the resultant of cutting resistance R_n/R_p (R_n : normal component of cutting resistance, R_p : parallel component of cutting resistance) showed the minimum value at the veneer thickness of about 1.2 mm in cutting with No. 1 knife. In veneer cutting with No. 2 to No. 7 knife, R_n/R_p decreased as increasing of veneer thickness and R_n/R_p became zero by choosing a suitable bevel, cutting angle and veneer thickness conditions.