

単板切削現象の変化に及ぼすプレッシャバー-ナイフ-被削材 相互の位置関係の影響 (解析と実験) (I)*

ロータリー単板切削について

杉 山 滋

長崎大学教育学部工業技術教室

(平成8年10月31日受理)

Effects of Shape and Setting of the Pressure Bar upon the Cutting Phenomena in the Orthogonal Cutting of Veneer (I)*

Shigeru SUGIYAMA

Department of Technology, Faculty of Education,

Nagasaki University, Nagasaki 852

(Received Oct. 31, 1996)

Abstract

In the veneer cutting process, restraint caused by a pressure bar plays an important role, but few studies have dealt with the effects of depth of restraint (R) and the acting position of restraint (L) upon the cutting phenomena of veneer (Fig. 3(a)). Therefore, the main purpose of this report is to obtain quantitative information on these aspects. The variation of various factors on veneer cutting with R and L was made clear, and the relation of the cutting phenomena to them was discussed.

1. 結 言

ロータリー単板切削におけるプレッシャバーの圧縮作用には、バーの喰い込み面によって被削材を圧縮する一次圧縮 (その作用量のうち、最大圧縮量を一次圧縮量 d とする) と、バーの先端ならびにバーの逃げ面 (バーの先端を境としたバーの両面のうち、バーの喰い

* 本報を「単板の切削条件に関する研究 (第5報) Studies on Veneer Cutting Conditions (V)」とする。上記の研究 (第4報) は、木材工業, 48 (10), 466~471 (1993) に掲載。

込み面と反対の面)とナイフすくい面との拘束によって被削材あるいは単板を圧縮する二次圧縮(その作用量のうち、最大圧縮量を二次圧縮量 R とする。)とがある。これらの圧縮のうち、一次圧縮に着眼した研究は数多いが、二次圧縮に着眼した研究は比較的乏しい。

本研究では、バーによる二次圧縮の作用量 R や作用範囲(二次圧縮を与えるバー作用部分の単板への圧入範囲)の大きさ L 、ならびにバーの単板表面への喰い付きの程度などを検討することを容易にするため、プレッシャバーには各種のバーを用い、それらバーによる R を広い範囲で変化させた場合(バーの水平距離を変化させることにより、 R を変化させ得る)におけるロータリー単板切削を主対象に、バーとナイフと被削材間の相互の位置関係がロータリー単板切削の諸現象に及ぼす影響について検討を試みる。

2. ベニヤレースによるロータリー単板切削

2.1 ベニヤレースの主要部分の構造と機能

ベニヤレースは、図1および図2に示すように、被削材の両端(横断面)の中心部をスピンドル先端に装備されたチャックで挟み付けて、ロータリー単板切削を行う。

即ち、ベニヤレースは、図1および図2に示すように、スピンドル駆動用大歯車を内蔵する左右の強固なフレームと、これらを連結するベツトが機体をなしている。フレームには、左右両スピンドル(主軸)とその軸受が納められている。被削材は、その両横断面がスピンドル先端のチャックで挟み付けられたまま回転する。鉋台はナイフとプレッシャバーとから構成され、それらの下部には工具角度調節のための滑り台が取り付けられている。鉋台は、送り台に取り付けられ、歩出し装置によって速度が調整されながら原木に向かって前進し、要求された厚さの単板を剥き出す。

2.2 プレッシャバー

現在、我が国で一般にプレッシャバーとして用いられているものの形状には、図3(a)に示すように、シャープバーおよびダブルフェイスバーが使用されている(いずれの場合も工具鋼または特殊工具鋼などの材質が用いられている)。即ち、図3(a)に示すように、原木への喰い込み面に相当する接触面のみをもつプレッシャバー(これをシャープバー sharp bar という。)と、喰い込み面のほか単板の流出側にもう一つの接触面(これをレストレインバー restraint bar といい、単板の表面と接触するレストレイントバーの接触面を逃げ面またはランドという。)の両面をもつプレッシャバー(これをダブルフェイスバー double face bar という。ダブルフェイスバーにおいて、レストレイントバーでない他方のバーをメインバーといい、メインバーのみの場合は、シャープバーとなる。)とがある。なお、後者のバーは、厚単板切削の要求に伴って前者のバーを改良したものである。北米では、これらのプレッシャバーに替わるバーとして、ローラバー roller bar の開発が奨められ、現在実用化しているが、各種の輸入材を含めた多樹種を合板原木とする我が国では、ローラバーがどの程度役立ち得るかは種々議論されてきたところであるが、詳細な実験結果が乏しく、的確な判断が未だ行えない現況下に置かれている。

これらプレッシャバーの形状とその作用位置によって、一次圧縮と二次圧縮の最大量が異なる。従来から用いられているシャープバーでは、その作用位置は単板の剥き出し厚さに関係なく、常にナイフ刃裏面(表刃方式にナイフを固定すると、ナイフ刃裏面がすくい

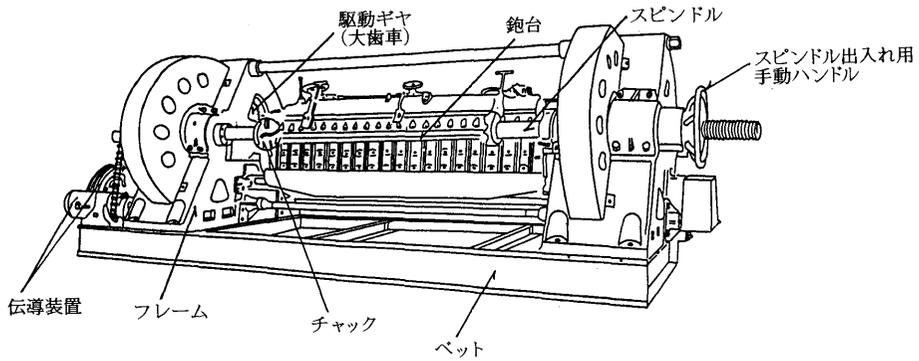


図1 実際のベニヤレースの構造(外観図)

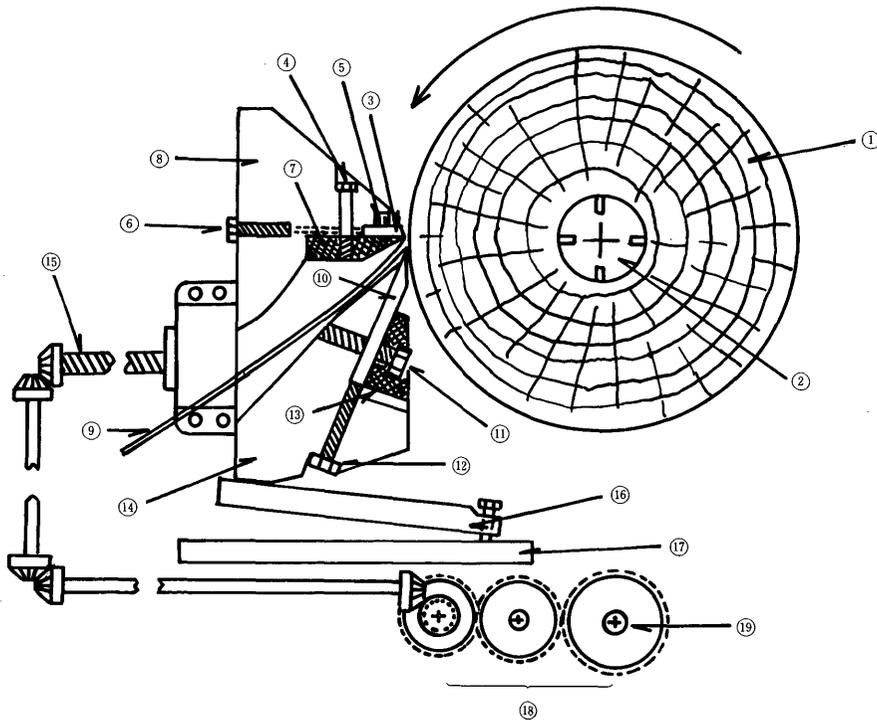


図2 ベニヤレースの断面の一例

- ①：丸太(原木), ②：チャック, ③：プレッシャバー, ④：プレッシャバー固定用ボルト, ⑤：プレッシャバー垂直方向微調節用ネジ, ⑥：プレッシャバー出入れ用ネジ, ⑦：プレッシャバー押え, ⑧：プレッシャバー台, ⑨：単板, ⑩：ナイフ, ⑪：ナイフ固定用ボルト, ⑫：ナイフ出入れ用ネジ, ⑬：ナイフホルダ, ⑭：ナイフ台, ⑮：鉋台送り軸, ⑯：工具角度調節用滑り台, ⑰：下部滑り台, ⑱：歩出し変換用ギヤ群, ⑲：主駆動軸

面となる。)の刃先位置から一定の角度 α_1 (引上げ角)の方向に引いた直線上にプレッシャバーの先端を置くべきであるという考え方が有る(図3(b)参照)。ただし, α_1 としては、① 90° とすべきである¹⁾、②ナイフの切削角 θ_n (刃物先端の回転原木に対する相対的運動方向とナイフすくい面とのなす角)の補角の1/2とすべきである²⁾、という2説になっているが、前者の説は一次圧縮を重視した説であり、後者の説は一次圧縮と二次圧縮の両作用を重視した説である。

最近のように、厚単板の要求に伴い、単板品質そのものが合板の材質に直接影響を与えるから、単板品質を向上させるために二次圧縮の作用に重点がおかれるようになってきた。レストレイントバーのランドの逃げ角 θ' が切削角 θ_n よりも大きいダブルフェイスバーやシャープバーでは、バーの先端(ローラバーでは、ローラを中心)が切削角 θ_n の補角の二等分線上に位置する場合を境にして一次圧縮と二次圧縮の最大量が異なる。即ち、上記の二等分線上にバーがあれば、一次圧縮と二次圧縮の最大量が等しい(図3(c)において、原木に対する水平距離 H と刃裏面に対する拘束距離 R が等しい。)が、バーが二等分線より下方にあれば、拘束距離 R の方が水平距離 H よりも短くなり、一次圧縮よりも二次圧縮の方が大きくなるが、バーが二等分線より上方にあれば、水平距離 H の方が拘束距離 R より短くなり、一次圧縮の方が大きくなる。

上記のようなプレッシャバーとナイフの位置関係を刃口条件あるいは圧縮条件といい、つぎの2通りの表し方がある。図3(a)に示すように、刃口(ナイフ刃先とプレッシャバーの先端の間隔)の垂直距離 V (mm)および水平距離 H (mm)の大きさをいうか、またはそれぞれの鉋台の送り量により決定される単板の剥き出し厚さ(切込量) t (mm)に対する百分比で表し、水平絞り(= $H/t \times 100$)(%)および垂直絞り(= $V/t \times 100$)(%)という表し方を用いる。

もう一つの表し方は、図3(b)に示すように、プレッシャバーの引上げ角 α_1 ($^\circ$)または α_2

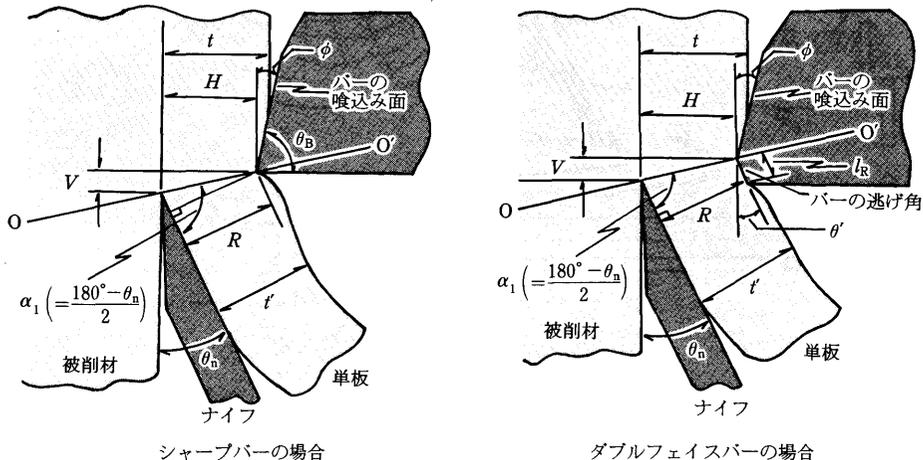


図3(a) 我が国で使用されているプレッシャバーの先端形状と作用位置

t : 単板の理論的厚さ(単板の剥き出し厚さ、または歩出し量); t' : 実際の単板厚さ; l_r : プレッシャバーの逃げ面の長さ; θ' : プレッシャバーの逃げ角; ϕ : プレッシャバーの接触角; H : 刃口の水平距離; V : 刃口の垂直距離; θ_n : 切削角; $O-O'$: 切削角 θ_n の補角の二等分線; R : プレッシャバーとナイフすくい面との拘束距離; θ_B : プレッシャバー(メインバー)の先端角

ナイフの研磨面と、スピンドル中心を通る水平な線に対する垂直な線との角度（みかけの逃げ角）は一定であるが、切削中の逃げ角は刃先位置における切断曲線への接線との角度であるから、ベニヤレースの単板切断曲線と刃先位置との関係を理論的に求め、切削中の逃げ角の変化を把握することが必要となる。

また、ベニヤレースによる単板切削で重要なことは、単板の剥ぎ取られてゆく速度（切削速度）を一定に保つこと、即ち単板の生産能率を落さないことも大切な要因となる。

以下では、これらのベニヤレースの単板切断曲線、逃げ角、単板厚さおよび切削速度の変化について概説する。

2.3.1 ベニヤレースの単板切断曲線

ベニヤレースの単板切断曲線は、小出^{3), 4)}、杉原^{5)~7)}、林²⁾、黄⁸⁾によって種々の立場から厳密に解かれている。ここでは、それらの切断曲線の解の中から、次項の逃げ角との関連が明確になるような切断曲線の解の一例²⁾を示す。

図3(c)⁹⁾に示すように、半径 R_0 の円板が角速度 ω で O のまわりを回転し、円周上の定点 $A(R_0, \theta_0)$ が x 軸に平行に速度 v で y 軸方向に向かって進み、点 $P(r, \theta)$ がある時間後に点 A の進む直線上の点 Q に来るものと考えた場合、円板上に描く曲線がベニヤレースの単板切断曲線となる。即ち、これを極座標方程式で示す²⁾と、

$$\theta = \frac{R_0 \cos \theta_0 - \sqrt{r^2 - h^2}}{a} + \tan^{-1} \frac{h}{\sqrt{r^2 - h^2}} \quad (1)$$

ここで、 R_0, θ_0 は切削開始点の座標を意味する。 h は $h = R_0 \sin \theta_0$ であり、刃先とスピンドル中心を通る水平な線との距離を意味し、図3(c)に示すように、点 A が x 軸より上側にある場合（即ち、刃先位置がスピンドル中心を通る水平な線より上側にある場合）を正、点 A が x 軸より下側にある場合（刃先位置がスピンドル中心を通る水平な線より下側にある場合）を負、点 A が x 軸上を進む場合（刃先位置がスピンドル中心を通る水平な線の上にある場合）を 0 とする。また、 r は切削中におけるスピンドル中心と刃先との距離（即ち、刃先位置での原木の半径）である。

(1)式を直角座標で表す²⁾と、

$$x = (R_0 \cos \theta_0 - a \varphi) \cos \varphi - h \sin \varphi \quad (2)$$

$$y = (R_0 \cos \theta_0 - a \varphi) \sin \varphi + h \cos \varphi \quad (3)$$

ここで、 $a = v/\omega$ であり、 φ は、

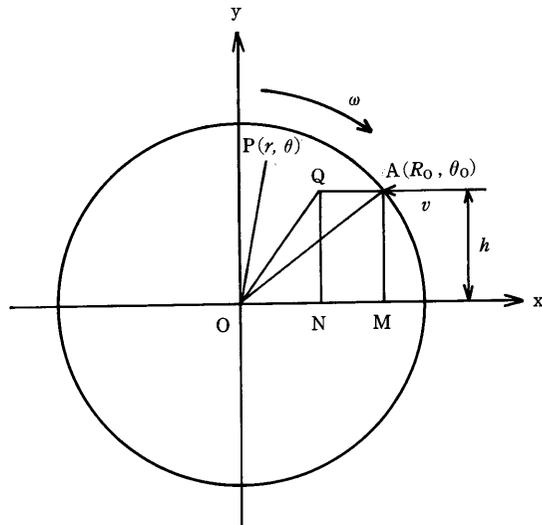


図3(c) ベニヤレースの単板切断曲線の解析のための模式図⁹⁾

$$\varphi = \frac{R_0 \cos \theta_0 - \sqrt{r^2 - h^2}}{a}$$

(1)式において, $h=0$ のとき,

$$\theta = \frac{R_0 - r}{a} \quad (4)$$

となり, 切断曲線はアルキメデスのスパイラル曲線を描くが, $h=-a$ のとき,

$$\theta = \frac{R_0 \cos \theta_0 - \sqrt{r^2 - a^2}}{a} - \tan^{-1} \frac{a}{\sqrt{r^2 - a^2}} = \frac{R_0 \cos \theta_0 - \sqrt{r^2 - a^2}}{a} + \tan^{-1} \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{a} - \frac{\pi}{2} \quad (5)$$

となり, 切断曲線は円の伸開線 (インボリュート involute) となる。また, $h=-a$ の場合, (2)式および(3)式により,

$$\frac{dy}{dx} = \frac{(a+h)\sin\varphi - (R_0 \cos\theta_0 - a\varphi)\cos\varphi}{(a+h)\cos\varphi + (R_0 \cos\theta_0 - a\varphi)\sin\varphi} = -\cot\varphi \quad (6)$$

となり, また, (3)式より $y=-a$ であるから, $\varphi=0$ となる。即ち, (5)式の円の伸開線への接線は, スピンドル中心を通る水平な線に対する垂直な線と一致する。したがって, $h=-t/(2\pi)$ (ただし, t は単板の削き出し厚さで, $t=2\pi a$) とすれば, この切断曲線 (円の伸開線) への接線は常に上記の垂直な線と一致して, 切削中の逃げ角は変化しない²⁾。

2.3.2 逃げ角の変化

刃先位置における切断曲線への接線とナイフ研磨面 (逃げ面) とのなす角が切削中の逃げ角であり, スピンドル中心を通る水平な線に対する垂直な線とナイフ研磨面とのなす角がみかけの逃げ角 α である。したがって, 切断曲線への接線と垂直な線とのなす角が逃げ角の変化の大きさであり, その大きさを α' とすると,

$$\alpha' = \tan^{-1} \frac{a+h}{\sqrt{r^2 - h^2}} \quad (7)$$

で表される^{2), 8), 9)}。 h は, 刃先位置でスピンドル中心を通る水平な線より上側の位置を $h>0$, 下側の位置を $h<0$, 線上の位置を $h=0$ とする。(7)式より明らかなように, $h=-a=-t/(2\pi)$ (ただし, t は単板の削き出し厚さ) のとき, $\alpha'=0$ で切削中に逃げ角の変化は起らない。

2.3.3 単板厚さの変化

刃先位置 h がスピンドル中心を通る水平な線より下側で, $t/(2\pi)$ (ただし, t は単板の削き出し厚さ) だけ離れた位置, 即ち $h=-t/(2\pi)$ の場合, 単板の実際の厚さ t' は, 理論的厚さ t に等しい。しかし, $h \neq -t/(2\pi)$ の場合, t' は t より小さくなる。即ち, 切削中の逃げ角の変化 (切断曲線への接線と, スピンドル中心を通る水平な線に対する垂直な線とのなす角) を α' とすると, t' は,

$$t' = t \cos \alpha' = t \cdot \sqrt{\frac{r^2 - h^2}{r^2 + \frac{ht}{\pi} + \left(\frac{t}{2\pi}\right)^2}} \quad (8)$$

で表され⁸⁾, $h=-5 \sim 3$ mm では $t'=t$ とみなし得るが, h の絶対値が極端に大きい場合には, 単板の実際の厚さ t' の変化が大きくなる。

2.3.4 切削速度

単板が削ぎ取られてゆく速度を切削速度といい, (2)式および(3)式を用いると, 切削速度

v は,

$$v = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt_1}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt_1}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{dx}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt_1}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt_1}\right)^2} \\ = r \cdot \omega \cdot \sqrt{1 + \frac{a}{r^2} (a + 2h)} \quad (9)$$

で表される^{2), 7), 8)}。ただし、角速度 ω 、時間を t_1 、 $\omega = d\varphi/dt_1$ 、原木に対する刃先位置を h (h は $h \geq 0$ の値をとり、 $h > 0$ は刃先位置がスピンドル中心を通る水平な線より上側、 $h < 0$ は水平な線より下側、 $h = 0$ は水平な線上にある場合を意味する)、切削中におけるスピンドル中心と刃先との距離 (即ち、刃先位置での原木の半径) を r とする。

(9)式から明らかなように、 ω が一定であれば、 v はほぼ r に比例する。したがって、実用範囲では、 v は近似的に次式で表してさしつかえない。

$$v = 2\pi \cdot r \cdot n \quad (10)$$

ただし、 n はスピンドルの回転数。したがって、 n が一定であれば、漸次、単板の生産速度は落ちることになる。そこで、切削速度 v を一定に保つことが必要となる。(9)式より明らかなように、 v を一定に保つためには角速度 ω を上昇させてやればよいことになる。これには、通常、電気的にベニヤレースのスピンドルの回転を制御する方法 (ワードレオナード制御) が用いられている。即ち、他励直流発電機を電源として、その界磁の励磁を調整して発電機の電圧を変え、スピンドルを回転させるための直流発電機への印加電圧を変化させて、スピンドルの回転数 n を制御する方法である。現在では、このワードレオナード制御において、もっぱら自動制御を施して使用するのが一般のようである。

3. 結 言

ロータリー単板切削におけるプレッシャバーとナイフと被削材 (原木) 間の相互の位置関係の変化が、単板切削現象の変化に及ぼす影響を、既往の研究成果などをも参考にしながら理論的に詳述した。

次報では、プレッシャバーによる二次圧縮量、その作用範囲などと単板切削現象の変化との関係を明らかにする。

文 献

- 1) 小出重治: ロータリーレースに依る木材切断曲線に対する特殊の方法に関する研究予報の1の(2), 木材工業, 4(3), 375~381 (1949).
- 2) 林 大九郎: 単板切削に関する研究, 東京教育大学農学部紀要, No. 8, 179~216 (1962).
- 3) 小出重治: 「ロータリー・レース」の刃の木材切断曲線, 日林誌, 32, 28~32 (1950).
- 4) 小出重治: 「ロータリー・レース」の刃の木材切断曲線 (第2報), 日林誌, 32, 311~315 (1950).
- 5) 杉原彦一: 「ロータリー」の刃の木材切断曲線, 日林誌, 32, 377~383 (1950).
- 6) 杉原彦一: ロータリー単板の厚さに関する理論的考察, 木材工業, 7(6), 118~119 (1952).
- 7) 杉原彦一, 他4名: 「基礎木材工学」, フタバ書店, p. 214~217 (1974).
- 8) 黄 彦三: ロータリー単板切削のベクトル解析, 木材工業, 26(5), 213~215 (1971).
- 9) 林 大九郎: ロータリー単板切削における逃げ角研究のいきさつ, 木材工業, 33(7), 276~281 (1978).