

小径木用チップパー・キャンタにおける

逆目ぼれの抑制

藤原 勝 敏⁽¹⁾Katsutoshi FUJIWARA : The Suppression Technique
of Torn Grain on Chipper Canter for Small
Diameter Log Processing

要 旨：単一機械で主製品である角材と副製品であるチップを同時に生産し、加工コストの低減を図るとともに、小径木を効率的に加工する目的で、わが国で初めて試作されたのが小径木製材用チップパー・キャンタであり、その実用化が急がれる。このために解決しなければならない最大の課題は、節周辺に発生する逆目ぼれの抑制など、主製品の表面品質向上技術の開発である。本研究では、ナイフの改良を重ねながら、スギの切削加工を行い、節周辺に発生する逆目ぼれの抑制方法について検討した。

新しく開発したナイフを用い、30 m/min 以上の実用送材速度で実験した結果、ナイフの形状、裏金の形状、裏金後退量、削り代などの条件が適正であれば、発生する逆目ぼれの約70%はその深さが0.5 mm 以下になり、かなり逆目ぼれが抑制され、高品質の切削面を有する製品が得られるようになった。これによって逆目ぼれの抑制方法は、ほぼ確立できたと考えられる。また主製品の寸法誤差は0~0.65 mm の範囲にあり、実用上特に問題はなく、さらに加工精度を上げることは十分可能である。チップの長さは一定にすることができるが、主製品の表面品質を確保する必要上、複数のナイフにおける削り代をそれぞれ変えざるを得なかったために、チップの厚さを一定にすることはできなかった。なお本機の片側コーンの主軸モーターの容量は、15 kw 程度でよいことが明らかになった。

緒 論

間伐材等の小径木は、一般に曲がり、ねじれ、節などの欠点を有しており、その形質が劣っている。このため高品質の製材品を生産することがなかなか難しいが、製品の付加価値を上げていくために可能な限り製品の品質を向上させ、製材コストを低減させて行く努力が必要である。

このような要求に対処するために開発された実用機には、ツイン丸鋸盤、ツイン帯鋸盤、ダブル帯鋸盤などがある。これらの機械では鋸挽きによって一度に対向する両面を挽材し、2回の加工で1本の丸太から心持ち角材を一丁取りする場合が多く、能率はよい。しかしながら、発生する背板をチップ、木片、木粉、小幅板などに加工するためには、それぞれ別の機械で処理しなければならない。したがって、主製品の加工コストは低減できても、次工程での加工コストを考慮すると、トータルコストの低減にはおのずと限界がある。このような観点から、単一機械で主製品と副製品を同時に加工し、トータルコストの低減化をめざす機械として小径木製材用チップパー・キャンタがわが国で初めて試作された。本機では鋸による加工方式ではなく、ナイフによる回転切削加工方式を採用し、主製品の角材を生産すると同時に、背板に相当する部分をすべてチップに加工することができる。この点に従来の小径木用製材機と大きく異なる特徴がある。

ところで欧米においては、ナイフによる加工方式を採用したスラビング・チップパーやチップパー・キャン

タがすでに実用化されている¹²⁻¹⁴⁾。前者は、ナイフを取り付けたコーン状の回転削り機であり、帯鋸盤や丸鋸盤の手前に設置し、背板に相当する部分をチップに加工するものである。後者は本研究で用いた試作機と基本的にほとんど同じ目的の機械である。これらの機械は中・大径木を対象としたもので、機械が大型である。またこれらの機械では、わが国において要求されるような切削面品質がなかなか得られない。こうした点を考慮すると、製品の品質に対する要求が厳しく、また小径木が加工の対象であるわが国に、このような機械を導入することは非常に難しいといわざるを得ない。したがって、わが国の実情に合った機械を開発していく必要がある。

なお本機は、農林水産技術会議特別研究「間伐材の利用技術の確立に関する研究」(昭和 53~55 年)において試作されたもので、すでに二、三の研究報告がある¹⁵⁻¹⁷⁾。これらの研究では、主製品の寸法精度、チップの品質に関してはほぼ満足のいく結果が得られたが、主製品の切削面品質の向上、特に節周辺に発生する逆目ばれの抑制が大きな問題として指摘された¹⁵⁾。そこで逆目ばれを抑制し主製品の品質を向上させるために、ナイフの改良が行われ、一定の成果が得られた¹⁷⁾。しかしながら逆目ばれ抑制効果の向上、ナイフの研磨など、検討しなければならない問題が残されている。本研究では、さらにナイフの改良を重ね、逆目ばれを抑制し主製品の品質向上を図ることに主力を注いだ。

本研究を遂行するにあたり終始ご尽力いただいた林業試験場 筒本卓造木材部長、西村勝美製材研究室長、特別研究において本機の試作にご尽力された小西千代治前製材研究室長(現職業訓練大学教授)、製材研究室宮下茂枝官、鈴木茂年技官、ならびに本機の製作、改良にご努力いただいた(株)中国機械製作所に対し、深甚の謝意を表します。

1. 機械の概要

Fig. 1 は本研究で用いたチップパー・キャンタの外観である。複数のナイフの付いている回転ディスクの間に両木口をクランプした原木を送り込むと、一度に対向する両面が削り取られ、背板に相当する部分はチップになる。さらに原木を後退させ 90° 反転させて、再度送り込むと角材と同時にチップができる。なお、本機は実験用に試作された機械であり、チップの収集については十分な考慮が払われていない。Table 1 に機械の仕様を示す。

Fig. 2 は回転ディスクと原木の位置関係を示したものである。ディスクは v 方向に上下動ができ、また歩出しのために w 方向に開閉ができる。本機の最も重要な部分は、ナイフ、ナイフ・ホルダー、台座そして回転ディスクからなる部分で、これをコーンと呼び、またナイフ・ホルダーと台座からなる部分をカッター・ヘッドと呼ぶことにする。

Fig. 3 は、ディスクにカッター・ヘッドを取り付けた状態を示す模式図である。ディスクには 45° 間隔で千鳥状に計 8 個のカッター・ヘッドが取り付けられており、180° ずれたカッター・ヘッドがそれぞれ対になっている。さらに Fig. 3 の下図に示すように、 K_1 のカッター・ヘッドから順に、その高さが低くなり、 K_4 のカッター・ヘッドが最も低くなるように設計されている。したがって回転削りにおける有効ナイフが 2 枚の場合の切削理論が適用できる。片側のコーンにおける最大削り代 D_{max} は、それぞれのカッター・ヘッドに取り付けられたナイフにおける削り代(ナイフのセット量)の合計であるから、 $D_{max} = d_1 + \dots + d_4$ となる。生成されるチップの厚さは、理論的にいえば $d_1 \sim d_4$ のそれぞれの値に等しくなる。原木の大きさや歩出し量の違いによってすべてのナイフが切削に関与するとは限らないが、いずれにして

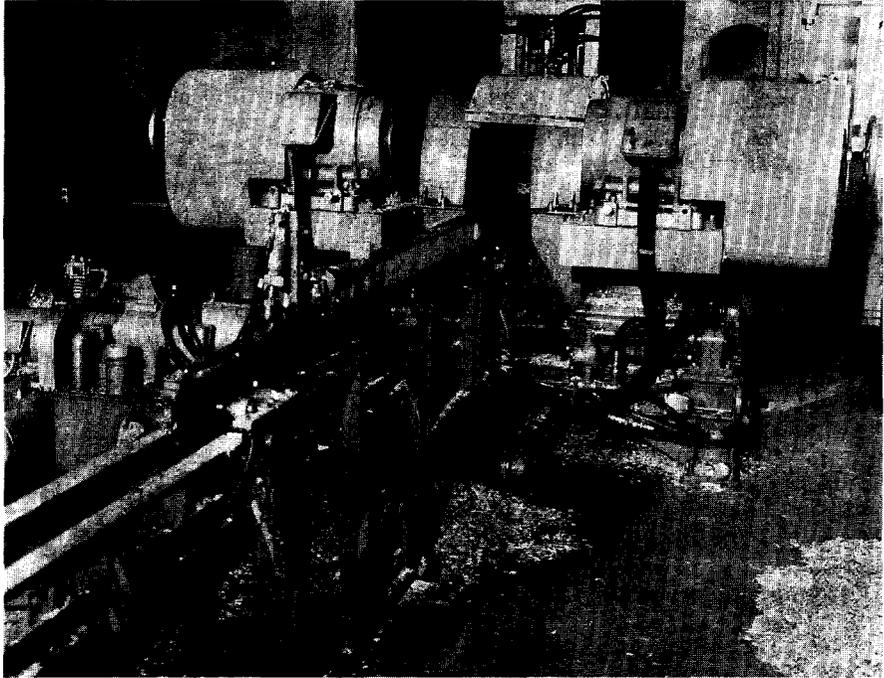


Fig. 1. 実験に用いたチップパー・キャンタ
Chipper canter used in this experiment.

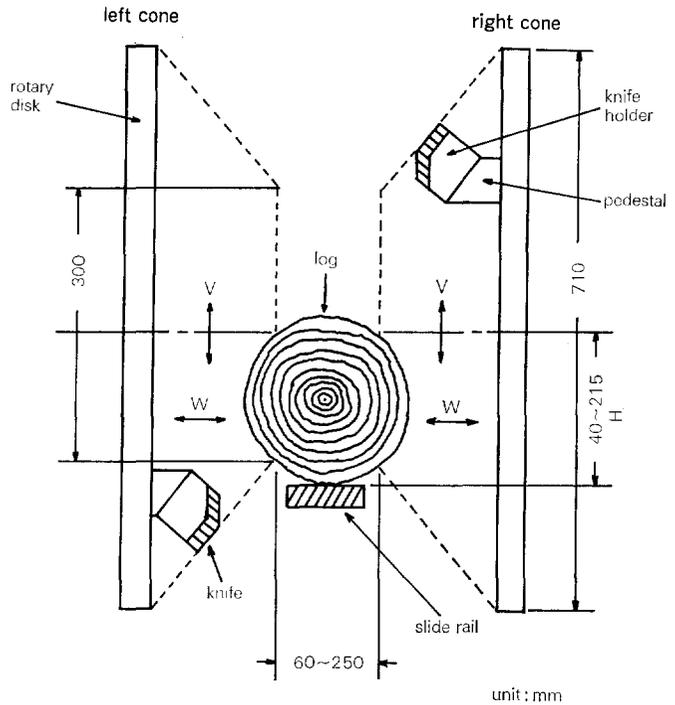


Fig. 2. 回転ディスクと
原木の位置関係
Relative position of
log and rotary disks.

Table 1. チッパー・キャンタの仕様
Specifications of chipper canter.

被 削 材 work material	丸太 log, 長さ length...1.8~3m, 末口径 top end diameter...8~23cm, 最大元口径 maximum butt end diameter...23cm
製 品 product	厚さ width or thickness...6~15cm
回転ディスク rotary disk	直径 diameter...710mm, ナイフ数 number of knives...16(ディスク 2 個 two disks), 回転数 number of revolutions N=530~1500rpm (無段 stepless), ナイフの材質 knife material...BC
回転ディスクの上下移動 vertical movement of rotary disk	0~175mm
回転ディスクの開き opening of rotary disk	電気歩出し electric setwork...① 10 段 steps, ② 無段 stepless (60mm ~250mm)
送材装置 feeding device	チェーン送り式スライドレール slide rail with chain...油圧モーター hy-draulic motor, 被削材の固定 chucking of work material...ノッチ 2 個 two notches (固定ノッチとモーター駆動ノッチ fixed notch and movable notch by electric motor), 送材速度 feed speed F=10~40m/min (無段 stepless), 圧力ローラー press roller (デッド dead, 空気圧 pneumatic)
モーター容量 required power	回転ディスク用モーター motor for rotary disk...22kw-6p × 2 組 sets, 電気歩出し用モーター motor for electric setwork...0.4kw-4p, 油圧ポンプユニット用モーター motor for hydlraulic pump unit...7.5kw-4p

もディスクの外周に近い方のナイフから順次チップを生成していき、最後に最も内側の K_1 および K_1' のナイフがチップを生成し、同時に主製品の切削面を生成する。したがって、主製品の品質に最も大きな影響を及ぼすのは K_1 および K_1' のナイフである。

2. 切 削 機 構

2.1. 送 り 量

チッパー・キャンタの切削過程は正面フライスのそれと基本的に同じである。本研究では、切削中の原木の安定性を考慮して、原木搭載スライドレール (Fig. 2 参照) に原木を押し付ける方向の切削をするために、下向き削りを対象にした。したがって以下、下向き削りについて考える。Fig. 4 は切削過程を示したものである。この図の場合には、 K_4 のナイフは切削に関与しないで、 K_3 のナイフから切削が始まり、 K_3, K_2, K_1 のナイフでそれぞれ c, b, a の部分が順番に切削される。さらにディスクが半回転したのちに、対になっている K_3', K_2', K_1' のナイフでそれぞれ c', b', a' の部分が順番に切削される。

生成されるチップの長さは、1 刃当たりの送り量に等しく、

$$S_z = \frac{1000 F}{n_z N} \dots\dots\dots(1)$$

で表される。ただし、 S_z は 1 刃当たりの送り量 (mm), F は送材速度 (m/min), n_z は有効ナイフ数, N はディスクの回転数 (rpm) である。本機では、 n_z は 2 枚である (Fig. 3 参照)。なお S_z の最大値は

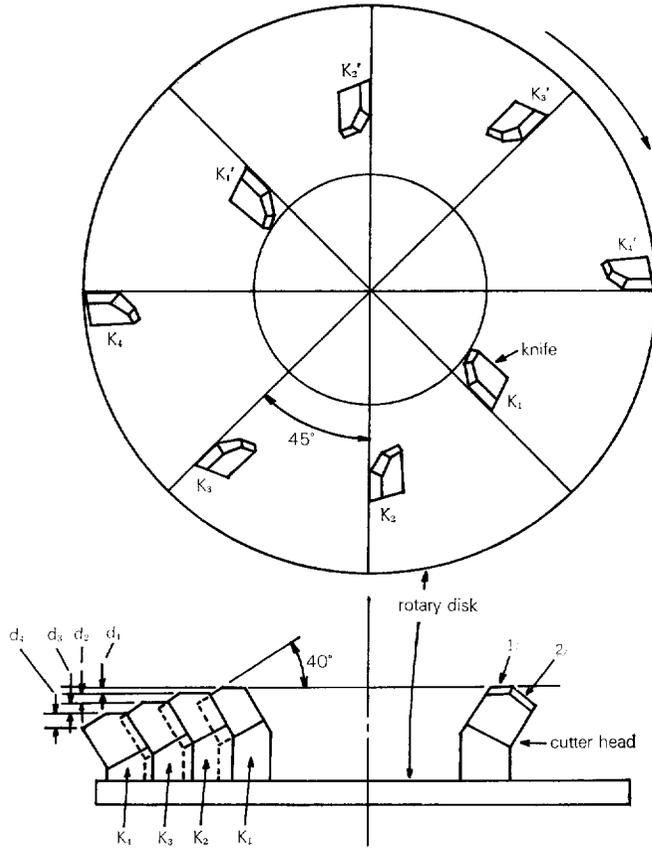


Fig. 3. ディスクとカッター・ヘッドの位置関係
Cutter head position on rotary disk.

- ①: 切削面生成用切刃 knife edge for machined surface formation,
- ②: チップ生成用切刃 knife edge for chip formation,
- $d_1 \sim d_4$: 削り代 depth of cut.

切刃線 L_1 の長さによって制約をうける。

2.2. ナイフの軌跡と切削面およびチップの形状

前述のように、チップパー・キャンタの切削過程は正面フライスのそれと同じであり、ナイフの描く軌跡はトロコイド曲線で表される。実際のチップパー・キャンタ切削では原木を動かすが、理解しやすくするために、Fig. 5 に示すように原木は静止していて、ラックとピニオンの機構によりコーンが回転と横方向移動を同時に行って切削ができるものとする。いま図のように x, y 軸を定めると、下向き削りにおけるナイフの軌跡は

$$\left. \begin{aligned} x &= -r\phi + R \sin \phi \\ y &= R(1 - \cos \phi) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

で表される。ただし、 r はピニオンのピッチ円半径、 R はナイフの外端における切削円の半径、 ϕ は回転角である。実際の送材速度は F であるから、 r は

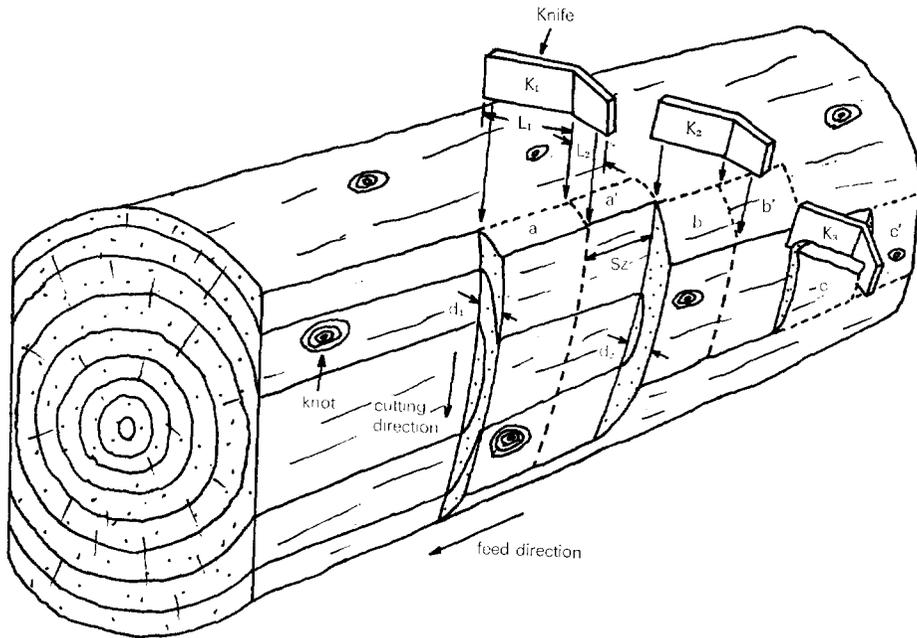


Fig. 4. チッパー・キャンタの切削過程

Cutting process of chipper canter.

S_z : 1 刃当たりの送り量 (チップ長) feed per knife (chip length),
 d_1, d_2 : チップ厚 chip thickness,
 L_1, L_2 : 切刃線 knife edge.

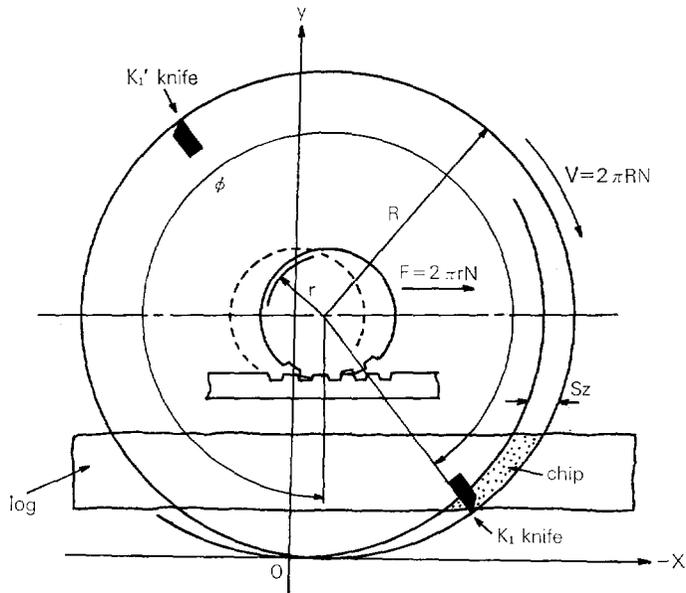


Fig. 5. 下向き削りの機構

Mechanism of down-cutting.

$$r = \frac{F}{2\pi N} \dots\dots\dots(3)$$

で表される。

Fig. 6 は (2), (3) 式より求めたナイフの軌跡の一部である。A₁~A₃ は K₁ ナイフの 1~3 回目までの切削における軌跡で、A₁' と A₂' は π ラジアンだけ後れて切削する対の K₁' ナイフの軌跡である。チップは図に示すように、三日月状になるが、被削材の大きさや、y 軸方向の切削位置によってその形は違ってくる。図からもわかるように、ナイフが回転していくにつれて、切刃線 L₁ と繊維のなす角度が 0 に近い状態から直角に近い状態に変化してくる。もちろん、材の大きさや切削位置によって変化のしかたが違ってくる。一方、ナイフが回転していくにつれて、切削に関与しない切刃線 L₁ の㊸部分が長くなってくるが、これは K₁ および K₁' ナイフのそれぞれの切削面生成用切刃の切刃線 L₁ が同一の回転面上にあり、しかも原木の送材方向とこの回転面が平行の場合にのみあてはまる。もし K₁ ナイフと K₁' ナイフに出入りがあり、K₁ ナイフにおける削り代 d₁ が K₁' ナイフにおける削り代 d₁' より大きい状態で切削したとすれば、原木の送材方向とそれぞれのナイフの切刃線 L₁ の描く回転面が平行であっても、事情が違ってくる。いま切削の前後の状態を Fig. 6 に示す材の中心の L-L 断面でみると、Fig. 7 のようになる。K₁' ナイフは切刃の一部分で切削するが、K₁ ナイフは切刃全体で切削することになり、K₁ ナイフが生成するチップの形状は㊸のように椅子形になってくる。また切削面には Fig. 7 の下図のような凹凸ができ、側面から見ると Fig. 6 の斜線で示すような三日月形の凸部が生じる。Fig. 7 の㊸のような椅子形チップの発生を少しでも緩和する一つの方法は、切削面生成用切刃線 L₁ の長さをチップ長 S_z に近づけることである。しかしながら、これによって Fig. 6 に示す三日月形の凸部の面積は大きくなってくる。なお K₁ および K₁' ナイフの切刃線 L₁ が同一の回転面上にあっても、原木送材方向とこの回転面が平行でない場合には、切削面に規則的な鋸歯状の凹凸が残る。また K₁ および K₁' ナイフあるいはどちらか一方のナイフの切刃線 L₁ の描く回転面が原木送材方向と平行でない場合にも、同様の凹凸が残る。

ところで、K₁, K₁' ナイフ以外のナイフの出入りも削り代に差を生じ、チップの形状に複雑な影響を及ぼすが、主製品の切削面の幾何学的形状にはまったく影響がない。

2.3. 有効すくい角

Fig. 8 に示すように、切削方向に対して切刃線が直角でない場合には、すくい角が垂直すくい角 (公称すくい角) と異なってくる。このときのすくい角を有効すくい角といい、Stabler の法則から

$$\alpha_e = \sin^{-1}(\sin^2 i + \cos^2 i \cdot \sin \alpha_0) \dots\dots\dots(4)$$

で表される。ここで α_e は有効すくい角、i は傾斜角、α₀ は垂直すくい角である。

Fig. 5 に示す切削機構の場合にも有効すくい角が定義できる。瞬間の切削方向は (2) 式で示される軌跡の接線の傾きに等しく、また切削方向に対して直角の方向は法線の傾きに等しい。したがって接線の傾きは

$$\tan \alpha = \frac{dy}{d\phi} / \frac{dx}{d\phi} \dots\dots\dots(5)$$

で表され、また法線の傾きは

$$\tan \beta = -\frac{1}{\tan \alpha} \dots\dots\dots(6)$$

で表される。(2), (5), (6) 式より

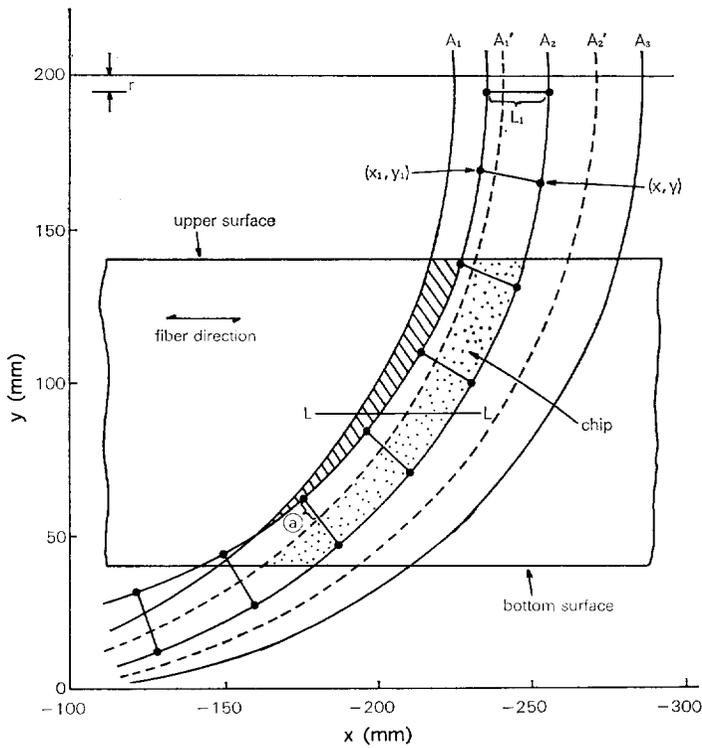


Fig. 6. 下向き削りにおけるナイフの軌跡
Path generated by down-cutting knife.

$F=22\text{m/min}$ (送材速度 feed speed), $N=700\text{rpm}$ (回転数 number of revolutions), $n_z=2$ (有効ナイフ数 number of effective knives), $R=200\text{mm}$ (ナイフの外端における切削円の半径 cutting circle radius), $L_1=20\text{mm}$ (切刃線の長さ length of knife edge), \cdots 切削中の切刃線 L_1 の瞬間位置 instantaneous position of knife edge L_1 during cutting. The part ㉑ of knife edge L_1 is out of cutting.

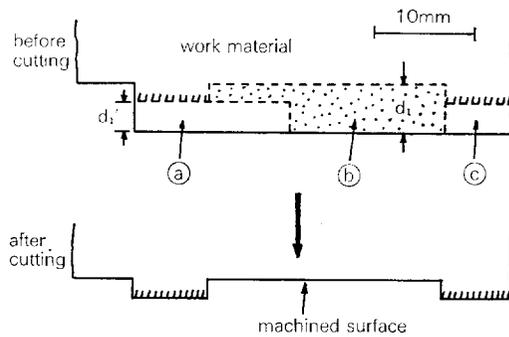


Fig. 7. L-L 断面 (Fig. 6) におけるチップと切削面の形状

Configuration of chip and machined surface in L-L cross section (Fig. 6).

- ㉑: K_1' ナイフで生成されるチップ chip produced by K_1' knife (path A_1'),
- ㉒: K_1 ナイフで生成されるチップ chip produced by K_1 knife (path A_2),
- ㉓: K_1' ナイフで生成されるチップ chip produced by K_1' knife (path A_2').

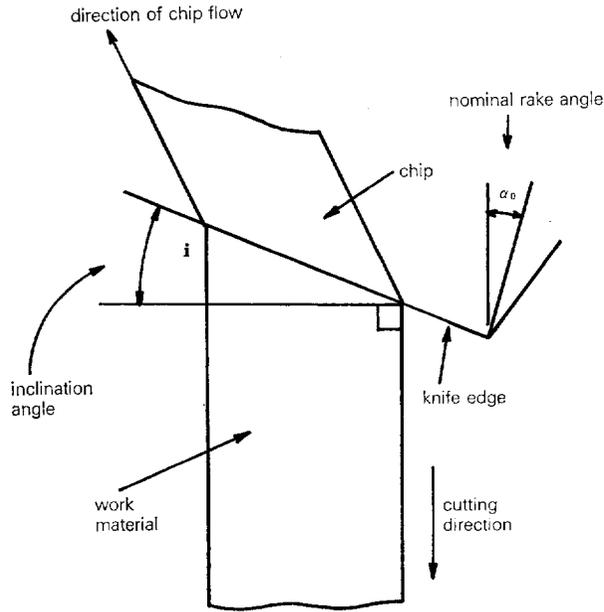


Fig. 8. 傾斜切削の模式図
Diagrammatic representation of oblique cutting.

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{r - R \cos \phi}{R \sin \phi} \right) \quad \dots\dots\dots (7)$$

ところで, Fig. 6 における切刃線 L_1 の瞬間の傾きは

$$\tan \beta' = \frac{y - y_1}{x - x_1} \quad \dots\dots\dots (8)$$

で表される。(2), (8) 式より

$$\tan \beta' = \frac{R(1 - \cos \phi) - \{(R - R') + R'(1 - \cos \phi)\}}{(-r\phi + R \sin \phi) - (-r\phi + R' \sin \phi)} \quad \dots\dots\dots (9)$$

となる。ただし, R' はナイフの内端における切削円半径である。(9) 式を整理すると

$$\beta' = \tan^{-1} \left(-\frac{1}{\tan \phi} \right) \quad \dots\dots\dots (10)$$

となる。したがって傾斜角 i は, (7), (10) 式より

$$i = \beta - \beta' \quad \dots\dots\dots (11)$$

で求められる。なお β' は繊維に対する切刃線 L_1 の角度でもある。(11) 式を (4) 式に代入することにより, 有効すくい角 α_e が求まる。いま Fig. 6 の条件下で, α_0 を 55° として, ϕ を 1.5π ラジアンから 2π ラジアンまで変化させて α_e を求めてみると, $\alpha_e \approx 55.01 \sim 55.00^\circ$ となり, α_e はほとんど変化しない。一方, 送材速度 F のみを 100 m/min にした場合でも $\alpha_e \approx 55.23 \sim 55.00^\circ$ となり, ほとんど変化しない。したがって実用条件下で切削特性を検討する場合には, 有効すくい角を考慮に入れなくても支障はない。ただし, ナイフをカッター・ヘッドに取り付けた状態において, 本来, 有効すくい角が定義できる場合は別である。

3. 曲げ刃と O-型角刃における逆目ぼれの比較

本機の開発研究においては、まず第一に Fig. 9 の平刃を用いて実験が行われた⁶⁾。この実験では、主製品の切削面品質の向上、特に節周辺に発生する逆目ぼれの抑制が大きな問題として指摘された。そこで逆目ぼれを抑制し製品の品質を向上させるために、Fig. 10 に示すように、折り曲げた部分の切刃線があ

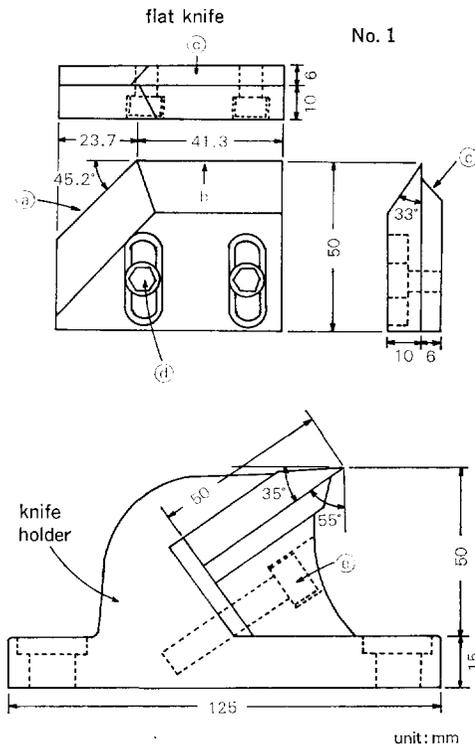


Fig. 9. 平刃とナイフ・ホルダーの形状

Configuration of flat knife and knife holder.

- ㉑: 切削面生成用切刃 knife edge for machined surface formation,
- ㉒: チップ生成用切刃 knife edge for chip formation,
- ㉓: 裏金 cap iron,
- ㉔: 裏金固定用ボルト screw bolt for the fixation of cap iron,
- ㉕: ナイフ固定用ボルト screw bolt for the fixation of knife.

Fig. 9~11, Fig. 25 の図中の番号は製造の順番を示す。

The number in Figs. 9 through to 11 and Fig. 25 indicates the order of manufacturing.

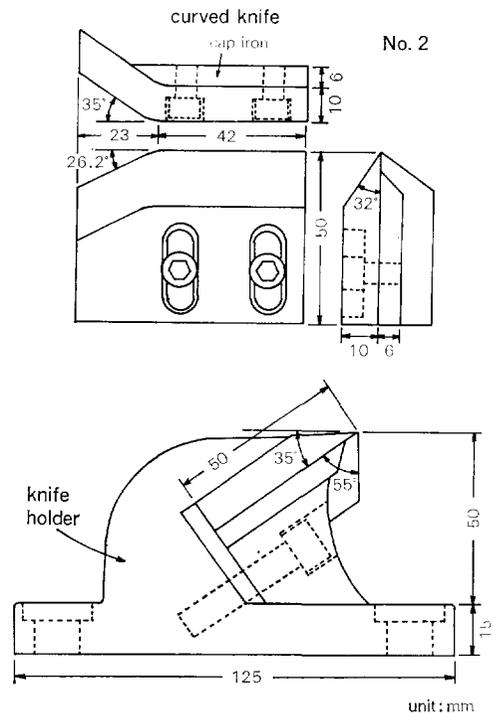


Fig. 10. 曲げ刃とナイフ・ホルダーの形状

Configuration of curved knife and knife holder.

る曲率を持つ曲げ刃が開発された。曲げ刃を用いた実験では、明らかに逆目ぼれ抑制効果が認められた⁷⁾。

しかしながら、曲げ刃の最大の欠点は、切刃線の一部がある曲率を持っているために、再研磨が非常に難しいことである。そこで再研磨が容易で、しかも逆目ぼれ抑制効果の期待できるナイフとして Fig. 11 に示すように切刃線が直線である O-型角刃を試作し、曲げ刃と対比させながら実験を行い、両者の逆目ぼれ抑制効果を比較検討した。

3.1. 実験方法

Table 2 に実験条件を示す。ところで Fig. 10 と Fig. 11 を比較すれば明らかのように、曲げ刃と O-型角刃では裏金の取り付け状態が異なっている。したがって実験においては、裏金の効果に差がでないように、裏金を十分後退させてナイフに取り付けた。また、原木は末口より送材したほうが逆目ぼれが小さいことがすでに明らかにされているので⁶⁾、本研究では常に末口より送材することにした。節周辺の逆目ぼれの深さはデプスゲージを用いて、その最大深さを測定した。以下の実験においても同様である。なお、本実験において切削に関与するナイフは K_1 、 K_1' および K_2 、 K_2' のみである。

本研究全体を通じて、研究の対象は研究遂行上の都合により、すべて左カッター・ヘッド（原木の送り込み側から見て）のナイフである。

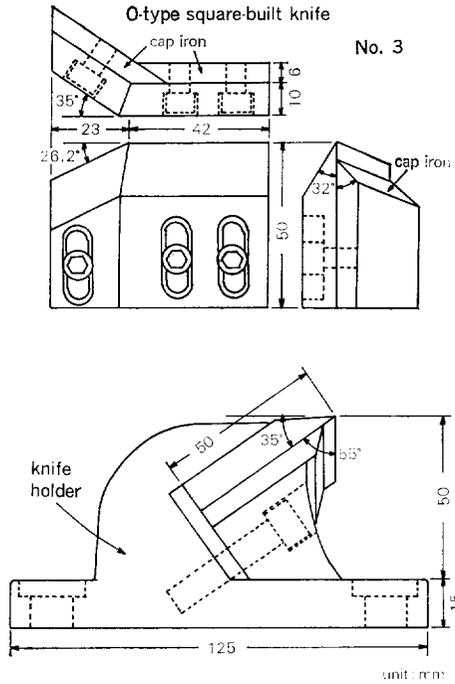


Fig. 11. O-型角刃とナイフ・ホルダーの形状
Configuration of O-type square-built knife and knife holder.

右カッター・ヘッドのナイフには常に同じ形状のものを使用し、 K_1 、 K_1' ナイフとしてはすでに製作されている角刃（曲げ刃に似た形状であるが、切刃線が曲率を持たないで、しかも折れ角が 52° のナイフ）を使用し、その他のナイフにはすべて平刃を使用した。

3.2. 結果と考察

Fig. 12 は曲げ刃と O-型角刃における逆目ぼれの深さ別発生率を示したものである。なお測定は各条件ごとに 50 個程度の節周辺の逆目ぼれについて行った。新しく開発した O-型角刃とすでに製作されている曲げ刃を比較してみると、O-型角刃において若干深さの深い逆目ぼれの発生率が高くなるようであるが、O-型角刃における逆目ぼれ抑制効果は曲げ刃における効果にほぼ匹敵するといえる。両方のナイフともディスク高 H が 163 mm のとき、深さの浅い逆目ぼれの発生率が高く、逆目ぼれ抑制効果が大きいようである。

O-型角刃は曲げ刃に比較して研磨が非常に容易であり、このことは実用化にとってきわめて重要なことである。また O-型角刃の逆目ぼれ抑制効果もかなり期待できることが明らかになった。したがって、

Table 2. 実 験 条 件
Experimental conditions.

被 削 材 work material	SUGI (飽水材 saturated wood, たいこ材 wany cant), 長さ length...2m, 末口径 top end diameter...8~13cm, 元口径 butt end diameter...10~15cm
ナ イ フ knife	曲げ刃あるいは O-型角刃 curved knife or O-type square-built knife (K ₁ と K ₁ ' ナイフ用 for K ₁ and K ₁ ' knives), 平刃 flat knife (その他のナイフ用 for the other knives), 裏金なし without cap iron
加 工 machining	N=750rpm, F=15.3~32.3m/min, 削り代 depth of cut d=5mm (d ₁ =3mm, d ₂ =2mm), ディスク高 height of disk H*=133~193mm, 末口から送材 infeed from top end

* : 回転ディスク中心と原木搭載スライドラール上面との距離 distance between the center of rotary disk and the upper surface of slide rail; d₁, d₂: Fig. 3 参照 refer to Fig. 3.

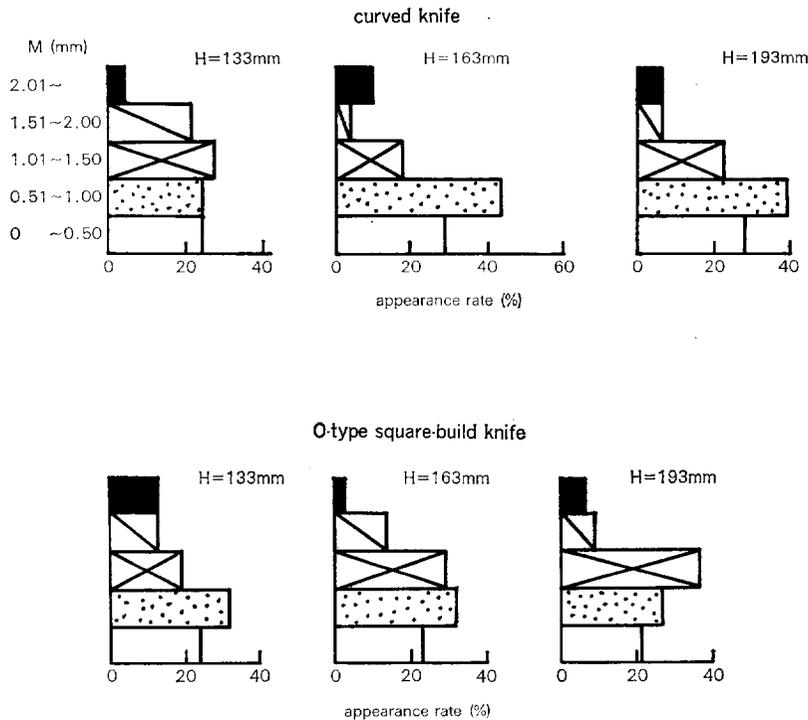


Fig. 12. 曲げ刃とO-型角刃における逆目ばれの発生率
Appearance rate of torn grain with curved knife and
O-type square-built knife.

M : 最大逆目ばれ深さの範囲 range of maximum depth in torn grain, F=23.5m/min.

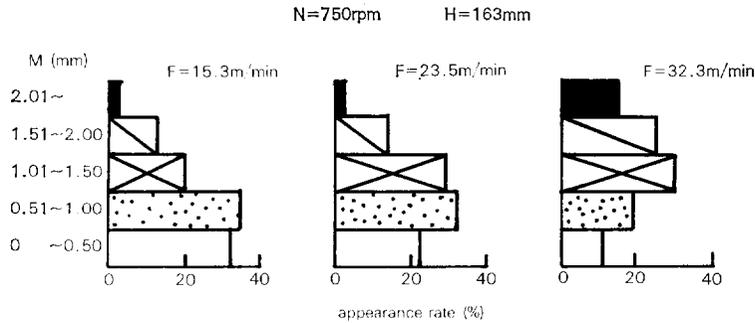


Fig. 13. 逆目ぼれに及ぼす送材速度の影響（O-型角刃）
Effect of feed speed on appearance of torn grain
(O-type square-built knife).

M : Fig. 12 参照 refer to Fig. 12.

以下の研究においては、角刃を用いて実験を進めることにする。

Fig. 13 はO-型角刃について逆目ぼれに及ぼす送材速度の影響を示したものである。送材速度が速くなる（回転数が一定であるからチップ長が長くなる）にもなると、深さの深い逆目ぼれの発生する割合が高くなっていくことがわかる。なおディスク高を変化させた場合にも、この速度依存傾向は変らなかった。

4. 逆目ぼれに及ぼす裏金後退量と削り代の影響

木材の切削加工における逆目ぼれの防止あるいは抑制にとって、裏金のはたす役割はきわめて大きい。この点に着目し、本実験ではO-型角刃用に3種類の裏金を試作し、裏金後退量と削り代を変化させて、裏金の逆目ぼれ抑制効果を検討した。

4.1. 実験方法

Table 3 に実験条件を示す。切削に関与するナイフは K_1 , K_1' および K_2 , K_2' のみである。使用した裏金は Fig. 14 に示すA-型およびC-型である。測定は、各条件ごとに120~180個の節周辺の逆目ぼれについて行った。

4.2. 結果と考察

4.2.1. 逆目ぼれの深さ別発生率

逆目ぼれの深さ別発生率を裏金の種類別に示したのが Fig. 15, 16 である。Fig. 15 に示すように、A-型裏金において裏金後退量 l_1 が1.0 mm のとき、削り代 d_1 を大きくしていくと、深さの深い逆目ぼれの発生率が漸次増加してくる。一方、 d_1 を1.0 mm とし l_1 を大きくしていった場合には l_1 が1.5 mm 以上になると逆目ぼれの発生率に大きな差がみられなくなってくる。いずれにしてもA-型裏金の場合には、 l_1 が0.5~1.0 mm, d_1 が1.0~1.5 mm において裏金の逆目ぼれ抑制効果が最も期待できる。

Fig. 16 に示すように、C-型裏金においても Fig. 15 のA-型裏金の場合と同様に、 l_1 が0.5~1.0

Table 3. 実験条件
Experimental conditions.

被削材 work material	SUGI (飽水材 saturated wood, たいこ材 wany cant), 長さ length... 2m, 末口径 top end diameter...8~13cm, 元口径 butt end diameter... 10~15cm
ナイフ knife	A-型あるいはC-型裏金付きO-型角刃 O-type square-built knife with A-type cap iron or C-type one* (K_1 と K_1' ナイフ用 for K_1 and K_1' knives), 裏金なしの曲げ刃 curved knife without cap iron (K_2 と K_2' ナイフ用 for K_2 and K_2' knives), 裏金なしの平刃 flat knife without cap iron (その他のナイフ用 for the other knives).
加工 machining	$N=1000\text{rpm}$, $F=32.3\text{m/min}$, $d=5\text{mm}$ ($d_1=1.0\sim 2.5\text{mm}$, $d_2=4.0\sim$ 2.5mm), $H=193\text{mm}$, 末口から送材 infeed from top end

*: Fig. 14 参照 refer to Fig. 14.

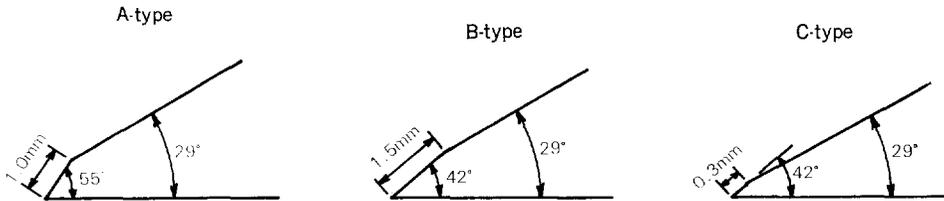


Fig. 14. 裏金の形状
Shape of cap iron.

mm, d_1 が 1.0~1.5 mm において逆目ぼれ抑制効果が期待できる。しかしながら、A-型裏金とC-型裏金を比較した場合には、明らかにA-型裏金のほうが逆目ぼれ抑制効果が大きい。

4.2.2. 節の位置係数別の逆目ぼれ発生率

Fig. 18, 19 に示すように、節の位置係数P (Fig. 17) が小さくなる、すなわち節の位置が材の下面に近いほど逆目ぼれの発生率が高くなっていく傾向がみられる。これのもっとも大きな理由は、ナイフが材の下面に抜け出る場合に、材の下面にはさらに切削する部分がなく、したがって支持部分がないため端部の欠けが発生しやすくなることによるものであろう。厚つきスライサー切削における端部の欠け、あるいは鋸挽きにおける材下面の繊維のささくれも同じ理由によるものである。

A-型裏金 (Fig. 18) とC-型裏金 (Fig. 19) を比較してみると、前者のほうが逆目ぼれ抑制効果が大きい。またA-型裏金の場合、裏金後退量 l_1 が 1.0 mm, 削り代 d_1 が 1.0~1.5 mm において最も効果が大きく、材の下面付近における深さの深い逆目ぼれの発生も抑制されている。

4.2.3. 節に対する逆目ぼれの発生位置

Fig. 20 は、節の中心に対して逆目ぼれがどの方向にどの程度発生するかをA-型裏金の場合について示したもので、座標軸上の4方向と座標軸で囲まれた四つの範囲に分けて示してある。逆目ぼれは節周辺のあらゆる方向に発生するが、節の左右および下の方向に多く発生する。裏金後退量 l_1 あるいは削り代 d_1 が大きくなるにともない節の下側の部分に発生する逆目ぼれの割合が大きくなっていく傾向がみられ

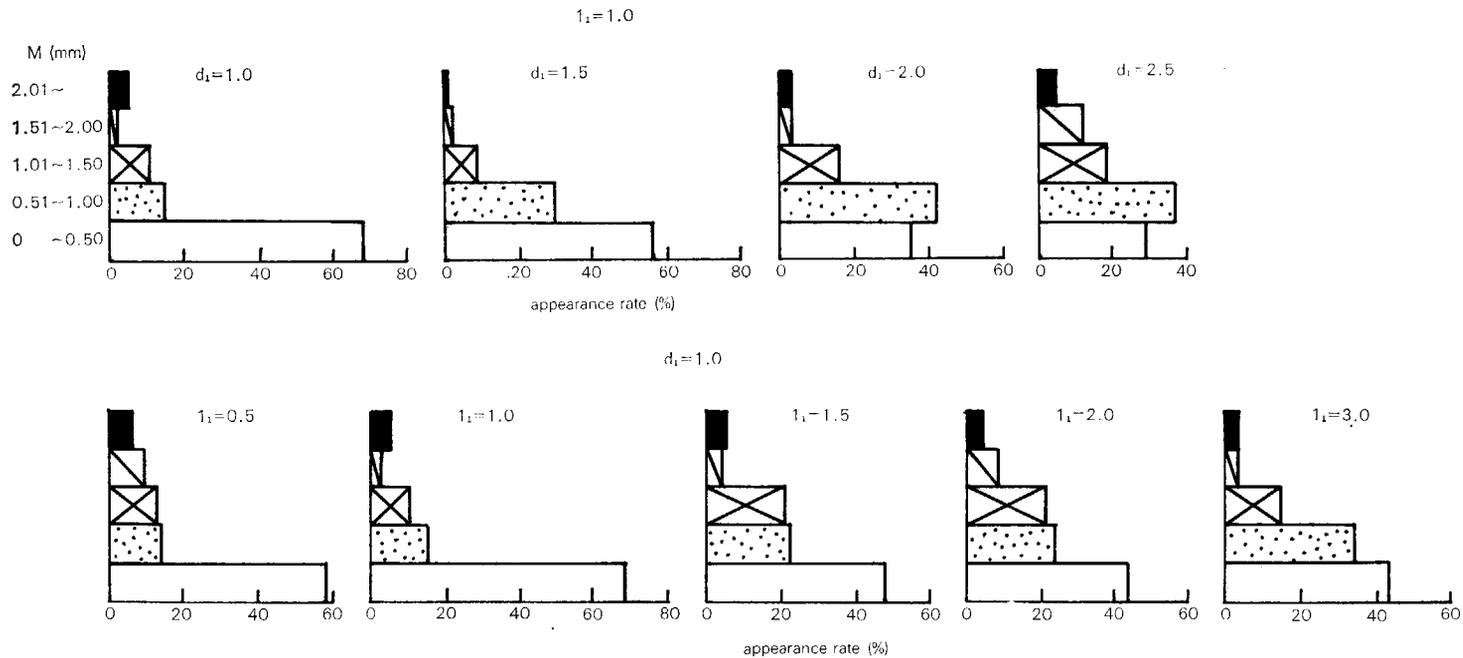


Fig. 15. 逆目ぼれに及ぼす裏金後退量 l_1 と削り代 d_1 の影響 (O-型角刃, A-型裏金)

Effect of receding amount l_1 and depth of cut d_1 on appearance of torn grain (O-type square-built knife, A-type cap iron).

l_1 : K_1, K_1' ナイフにおける切刃と裏金先端との距離 distance between knife edge and cap iron edge at K_1 and K_1' knives (mm),

d_1 : K_1, K_1' ナイフにおける削り代 depth of cut at K_1 and K_1' knives (mm),

M: Fig. 12 参照 refer to Fig. 12.

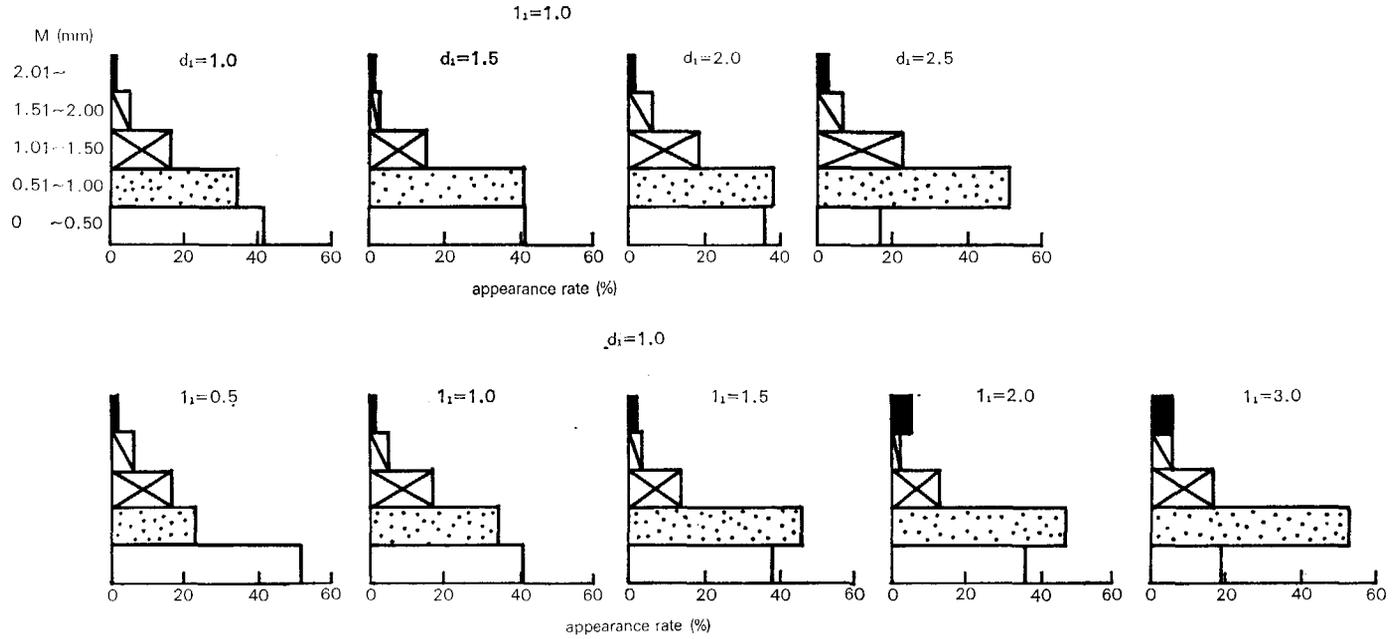


Fig. 16. 逆目ぼれに及ぼす裏金後退量 l_1 と削り代 d_1 の影響 (O-型角刃, C-型裏金)
 Effect of receding amount l_1 and depth of cut d_1 on appearance of torn grain (O-type square-built knife, C-type cap iron).

l_1, d_1 : Fig. 15 参照 refer to Fig. 15,
 M: Fig. 12 参照 refer to Fig. 12.

る。同様の傾向はC-型裏金においてもみられた。この図は、裏金後退量 l_1 および削り代 d_1 の値が適正でない場合には、深さの深い逆目ぼれが節周辺のあらゆる方向に発生しやすくなることを示している。

4.2.4. 節の最大径と逆目ぼれ深さの関係

Table 4 は、節の最大径と逆目ぼれ深さの 相関を示したものである。表の値から判断すると、逆目ぼ

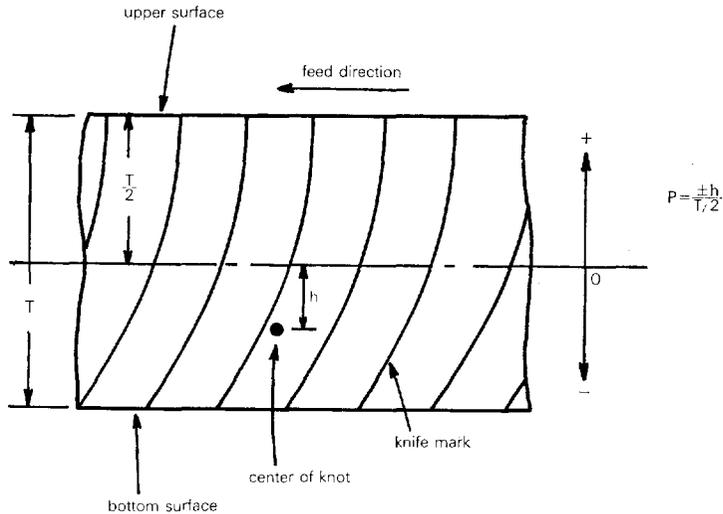


Fig. 17. 節の位置係数 P
Position coefficient of knot P.

T : 被削材の厚さ thickness of work material.

Table 4. 節の最大径と最大逆目ぼれ深さの相関 (A-型裏金)
Correlation between maximum diameter of knot and maximum depth of torn grain (A-type cap iron).

$l_1^*(\text{mm})$	削り代 depth of cut d_1 (mm)	節の最大径 maximum diameter of knot (mm)	最大逆目ぼれ深さ maximum depth of torn grain (mm)	相関係数 correlation coefficient
1.0	1.0	2~25	0~2.45	0.268
	1.5	2~28	0~1.84	0.500
	2.0	2~20	0~1.80	0.284
	2.5	2~25	0~2.41	0.513
0.5	1.0	2~23	0~2.37	0.384
1.0		2~28	0~1.84	0.268
1.5		3~24	0~3.37	0.151
2.0		3~24	0~3.47	0.211
3.0		3~30	0~4.43	0.284

* : K_1 と K_1' ナイフにおける切刃と裏金先端との距離
distance between knife edge and cap iron edge at K_1 and K_1' knives.

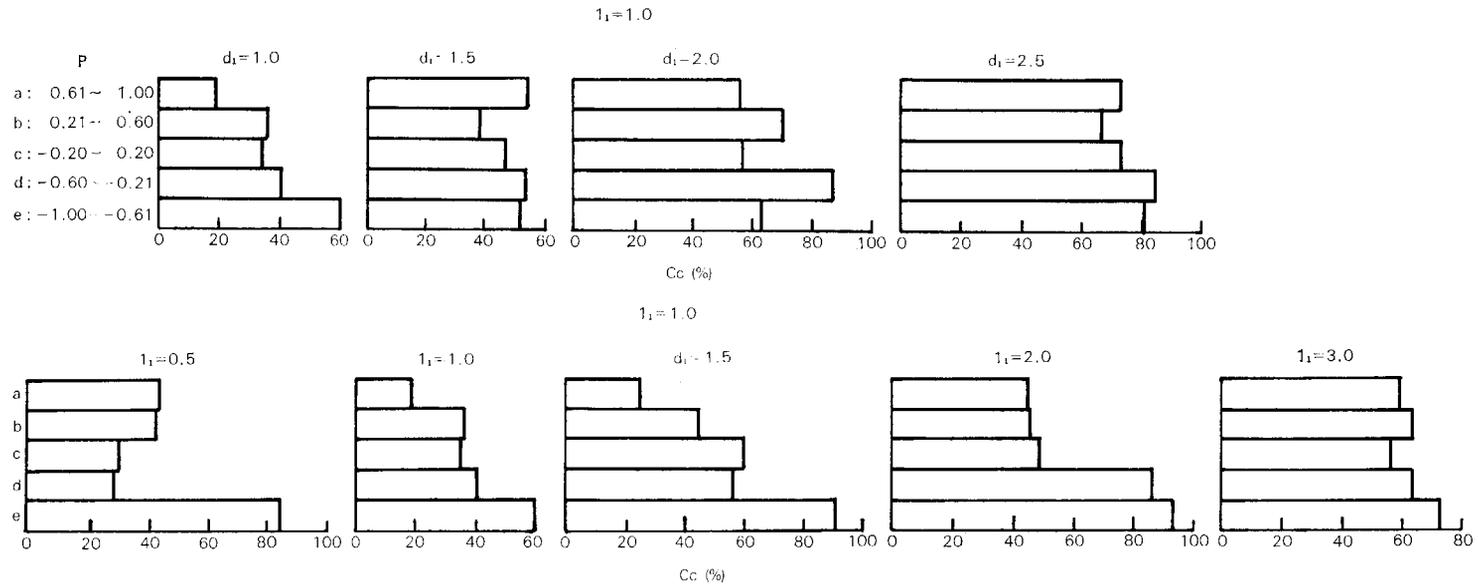


Fig. 18. 逆目ぼれと節の位置係数Pの関係 (O-型角刃, A-型裏金)
 Relation between appearance of torn grain and position coefficient of knot P
 (O-type square-built knife, A-type cap iron).

P : Fig. 17 参照 refer to Fig. 17,

C_c : 逆目ぼれ発生係数 appearance coefficient of torn grain ($=100C'/C$),

C : それぞれのPの範囲に存在する節の総数 total number of knots in each range of P,

C' : それぞれのPの範囲における最大逆目ぼれ深さが0.5mm以上の節の数 number of knots with the maximum depth more than 0.5mm of torn grain in each range of P,

l_1, d_1 : Fig. 15 参照 refer to Fig. 15.

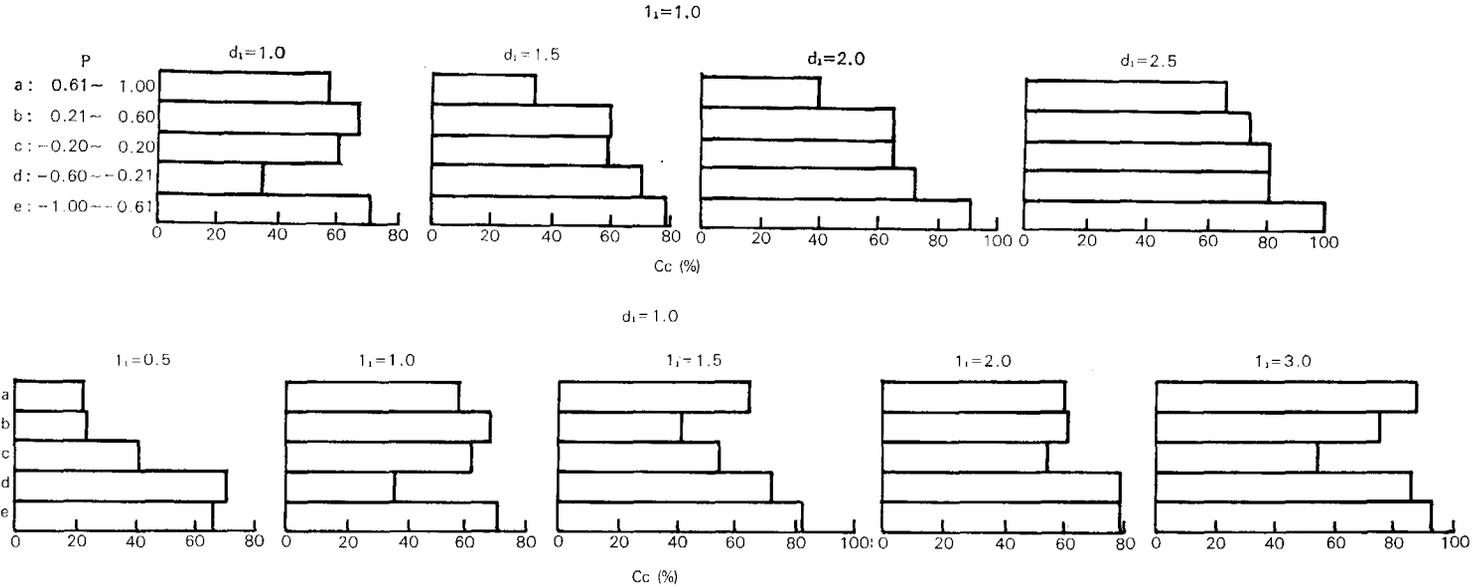


Fig. 19. 逆目ばれと節の位置係数Pの関係 (O型角刃, C型裏金)
 Relation between appearance of torn grain and position coefficient of knot P
 (O-type square-built knife, C-type cap iron).

P : Fig. 17 参照 refer to Fig. 17, Cc : Fig. 18 参照 refer to Fig. 18,
 l_1, d_1 : Fig. 15 参照 refer to Fig. 15.

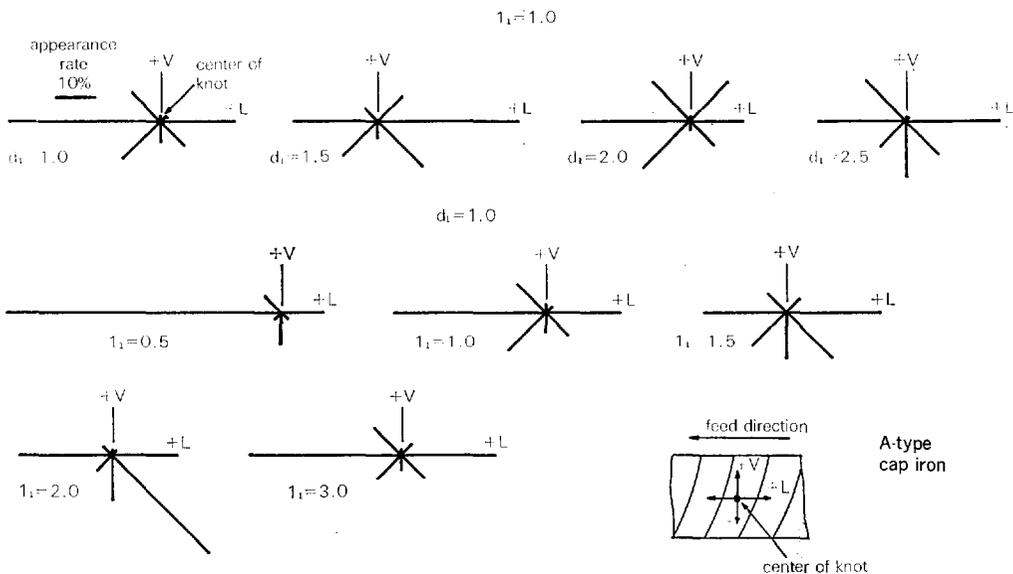


Fig. 20. 節に対する逆目ぼれの発生位置と発生率（逆目ぼれ深さが 0.50mm 以上のものを対象）

Appearance rate and position of torn grain toward knot (as to the knot with the maximum depth more than 0.5mm of torn grain).

れの深さは節の大きさに関係がないようである。すなわち節の大きさから、逆目ぼれの深さを判定することは難しいと思われる。

5. 逆目ぼれに及ぼすディスク高の影響

Fig. 6 に示すように、材の大きさにもよるが、材がディスクの回転中心に対してどの位置にあるかによって、ナイフの切刃線 L_1 と繊維のなす角度の変化のしかたが違ってくる。材の厚さが同じであれば、ディスク高 H が大きいほど全体にこの角度は大きくなっていく。本実験ではディスク高が逆目ぼれにどのような影響を与えるかについて検討した。

5.1. 実験方法

4. の実験において、裏金後退量 l_1 が 0.5~1.0 mm、削り代 d_1 が 1.0~1.5 mm のとき、逆目ぼれ抑制効果をもっとも期待できることが明らかになったので、本実験においてはこの結果に基づいて、Table 5 に示す条件を選定した。

5.2. 結果と考察

Fig. 21, 22 はディスク高 H を変化させた場合に節周辺の逆目ぼれの発生にどのような影響があらわれ

Table 5. 実験条件
Experimental conditions.

被削材 work material	SUGI (飽水材 saturated wood), たいこ材 wany cant (厚さ thickness $T=6\sim 10\text{cm}$), 長さ length...2m, 末口径 top end diameter...8~13cm, 元口径 butt end diameter...11~15cm
ナイフ knife	A-型あるいはC-型裏金付きO-型角刃 O-type square-built knife with A-type cap iron or B-type one* (K_1 と K_1' ナイフ用 for K_1 and K_1' knives), 裏金なしの曲げ刃 curved knife without cap iron (K_2 と K_2' ナイフ用 for K_2 and K_2' knives), 裏金なしの平刃 flat knife without cap iron (その他のナイフ用 for the other knives)
加工 machining	$N=1000\text{rpm}$, $F=32.3\text{m/min}$, $d=5\text{mm}$ ($d_1=1.0, 1.5\text{mm}$, $d_2=4.0, 3.5\text{mm}$), $H=160, 175, \text{and } 190\text{mm}$, $l_1^{**}=1.0\text{mm}$, 末口から送材 in-feed from top end

*: Fig. 14 参照 refer to Fig. 14, **: Table 4 参照 refer to Table 4.

るかを示している。A-型裏金 (Fig. 21) と B-型裏金 (Fig. 22) を比較して見ると、明らかに前者のほうが逆目ぼれ抑制効果が大きい。A-型裏金の場合には、削り代 d_1 が 1.0 mm において効果が大きく、またディスク高 H が 175 mm において効果が大きいようである。しかしながら、ディスク高の違いによる大きな差がみられないのは、 H の変化範囲が 30 mm と比較的小さかったことにも原因があるように思われる。

ところで裏金の種類に関係なくディスク高 H が 160 mm の場合に、材の上部の春材部においてしばしば目ぼれが発生したが、これは切刃線 L_1 と繊維のなす角が他の場合に比べて小さく、したがって横切削の傾向が強くなることによるものと考えられる。またこの目ぼれは乾燥している材ほど顕著であった。このような目ぼれはスギのナイフ切削や帯鋸の挽材においても認められている。

6. 消費電力の測定

3.~5. の実験において O-型角刃を用いて裏金の逆目ぼれ抑制効果を検討した結果、ほぼ適正なナイフおよび加工条件を設定することができた。消費電力の測定にあたっては、これらの基礎的研究の結果に基づいて実験条件を設定し、ある程度実用的立場から検討した。

6.1. 実験方法

Table 6 に実験条件を示す。なお本実験においては、3.~5. の場合と違って、条件によってはすべてのナイフが切削に関与し、最大削り代 35 mm では、 K_4 , K_4' ナイフが 9 mm の厚さを切削することになる。

6.2. 結果と考察

Fig. 23 はディスク回転数と空転消費電力の関係を示したものである。本実験において回転数 N は 1000 rpm であるから空転消費電力は約 3.6 kw となる。なお本実験における送材速度 $F=32.3\text{m/min}$ では、チップ長は (1) 式より 16.2 mm となる。送材速度を 38.8 m/min として同じチップ長のチップを得るためには、回転数を 1200 rpm としなければならない。このときの空転消費電力は図より約 4.5 kw となる。

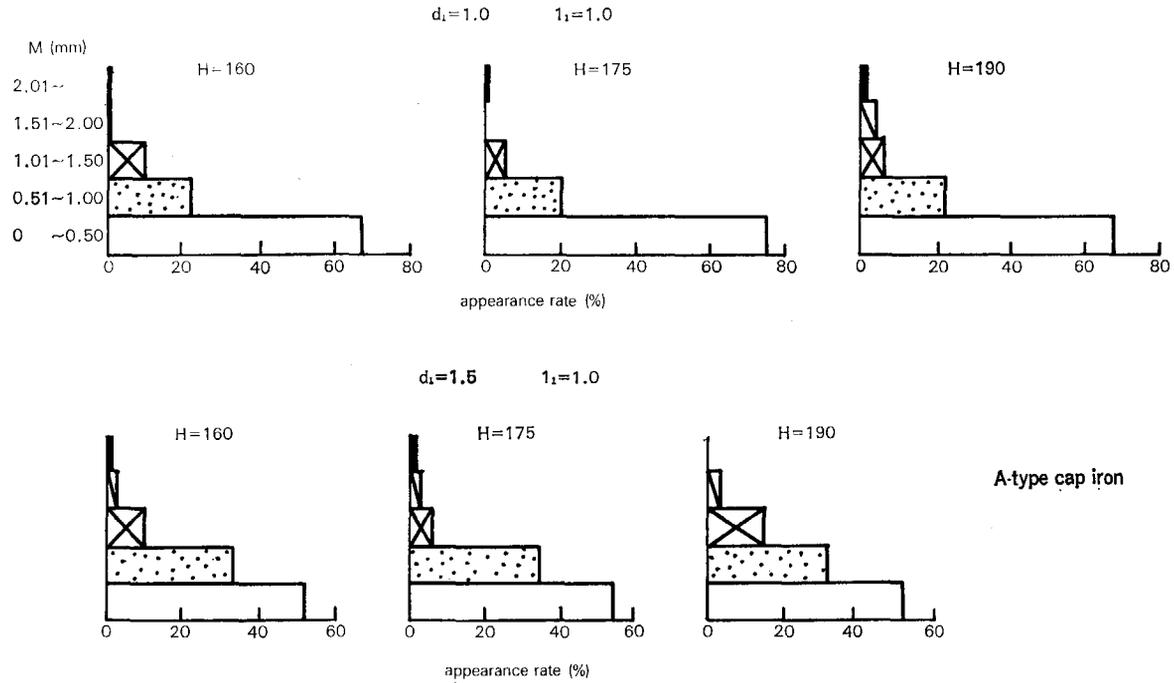


Fig. 21. 逆目ばれに及ぼすディスク高 H の影響
Effect of disk height H on appearance of torn grain.
M : Fig. 12 参照 refer to Fig. 12 ; l_1 , d_1 : Fig. 15 参照 refer to Fig. 15.

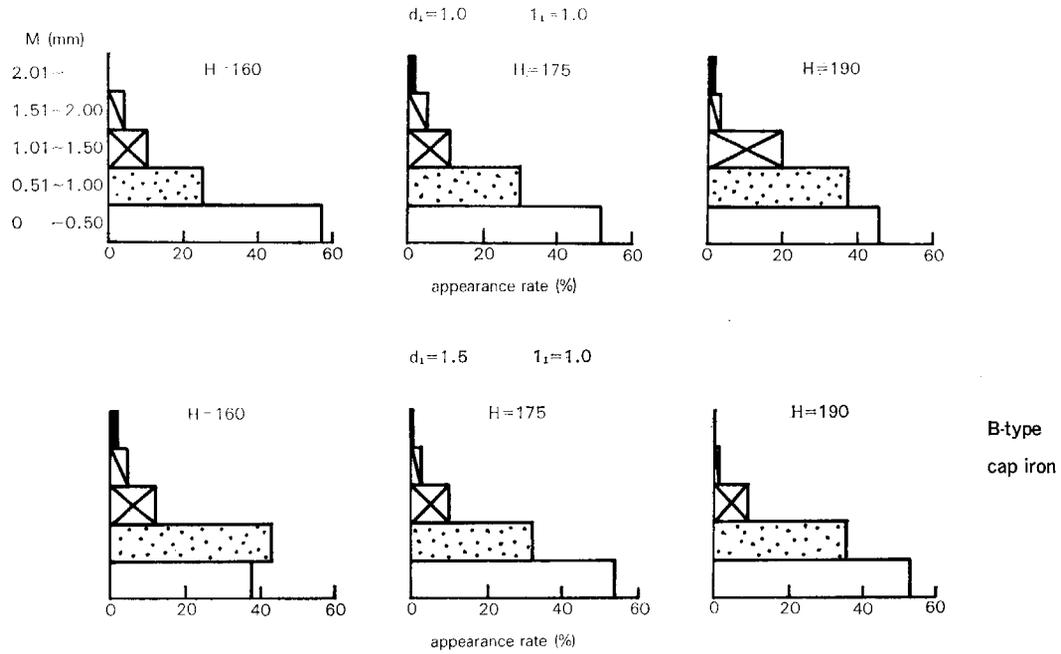


Fig. 22. 逆目ぼれに及ぼすディスク高 H の影響
 Effect of disk height H on appearance of torn grain.
 M : Fig. 12 参照 refer to Fig. 12 ; l_1 , d_1 : Fig. 15 参照 refer to Fig. 15.

Table 6. 実 験 条 件
Experimental conditions.

被 削 材 work material	SUGI (飽水材 saturated wood, 角材とたいこ材 square timber and wany cant), 長さ length...2m, たいこ材 wany cant (末口径 top end diameter...8~14cm, 元口径 butt end diameter...10~15cm), 角材 square timber (厚さ thickness T=6~10cm)
ナ イ フ knife	A-型裏金付きO-型角刃 O-type square-built knife with A-type cap iron (K_1 と K_1' ナイフ用 for K_1 and K_1' knives), 裏金なしの曲げ刃 curved knife without cap iron (K_2 と K_2' ナイフ用 for K_2 and K_2' knives), 裏金なしの平刃 flat knife without cap iron (その他のナイフ用 for the other knives)
加 工 machining	$N=1000\text{rpm}$, $F=32.3\text{m/min}$, $H=175\text{mm}$, $d=2.5\sim19.0\text{mm}$ ($d_1=1.0$, $d_2=11.0$, $d_3=14.0$, and $d_4=21.0\text{mm}$) 角材において at square timber, 最大削り代 the maximum depth of cut $d_{\text{max}}=35\text{mm}$ ($d_1=1.0$, $d_2=11.0$, $d_3=14.0$, and $d_4=21.0\text{mm}$) たいこ材において at wany cant, 末口より送材 infeed from top end, $l_1=1.0\text{mm}$

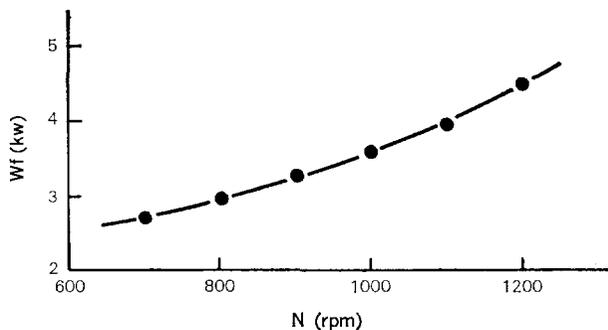


Fig. 23. ディスク回転数Nと空転消費電力 W_t の関係
Relation between number of revolutions N and electric power consumption during idling W_t .

Fig. 24 は切削断面積と正味平均切削電力の関係を示したものである。一般に間伐材などの小径木では、製材原木としての最大径は末口で 14 cm, 元口で 16 cm 程度であり, これから木取る製品の最大角材の寸法は 10.5×10.5 cm と考えてよい。この場合の最大切削断面積は約 29 cm² (ここでは, D_s を 16 cm, S_q を 10.5 cm, T を 10.5 cm とする) であり, Fig. 24 の二つの式より正味平均切削電力を求めると, 7.8 ~9.3 kw となる。これに空転消費電力として 5 kw 程度を見込むと, 切削消費電力は 12.8~14.3 kw ととなる。したがって電動機の容量は, 小径木を対象とした一般のツイン丸鋸盤のそれとほぼ等しく, 15 kw 程度のもので十分と考えられる。

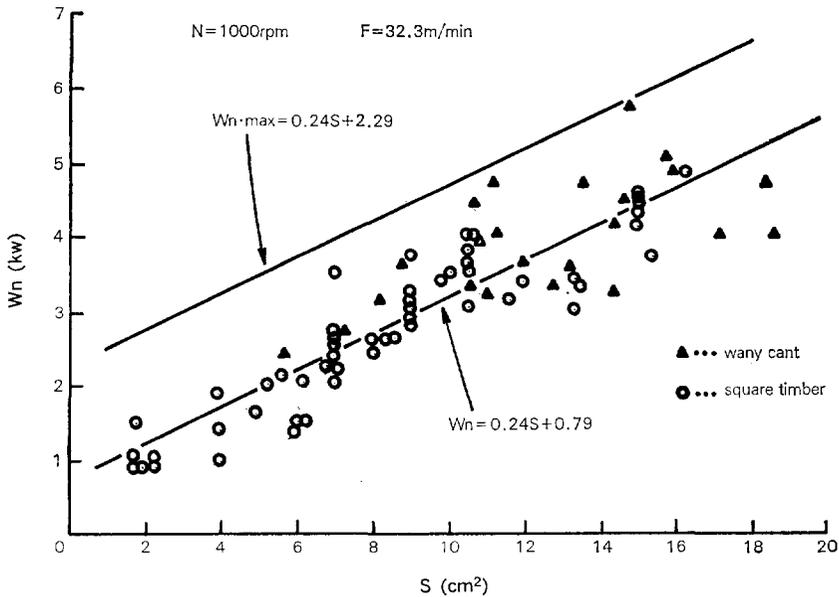


Fig. 24. 切削断面積 S と正味平均切削電力 W_n の関係
Relation between cutting area S and mean value of net power consumption W_n .

$S=d \cdot T$ (角材において at square timber), $S=(D_s-S_q) \cdot T/2$ (たいこ材において at wany cant, D_s …末口径 top end diameter, S_q …切削後の角材の幅 width of square timber after cutting).

7. N-型角刃の切削性能

3.~6.においては、O-型角刃を用いて主として裏金の逆目ぼれ抑制効果について検討した。その結果、ほぼ適正なナイフおよび加工条件を設定することができた。しかしながらO-型角刃においては、Fig. 11に示すようにナイフ・ホルダーの形状が複雑で製作が面倒なこと、ナイフのセッティングに手間どること、さらにナイフのすくい面側のふところ空間が狭く、チップの排出作用が若干阻害されるなどの難点がある。これらの欠点のある程度改良したのが Fig. 25 に示すN-型角刃で、ナイフ・ホルダーの形状も比較的単純で、ナイフのセッティングがしやすい形になっている。本実験では、N-型角刃を用いて、その切削性能を実用的な観点に立って検討した。

7.1. 実験方法

Table 7 に実験条件を示す。条件設定にあたっては3.~6.の実験結果に基づいて適正な条件を選定した。なおこれまでの実験と異なり、原木はすべて丸太とし、実用条件下で実験した。本実験では、一度の切削で所定の製品寸法に仕上げるため、削り代は原木の形状や設定寸法によって異なるが、すべてのナイフが切削に関与する場合もあり、最大削り代30 mm では K_4 , K_4' ナイフが21 mm の厚さを切削することになる。

No. 4

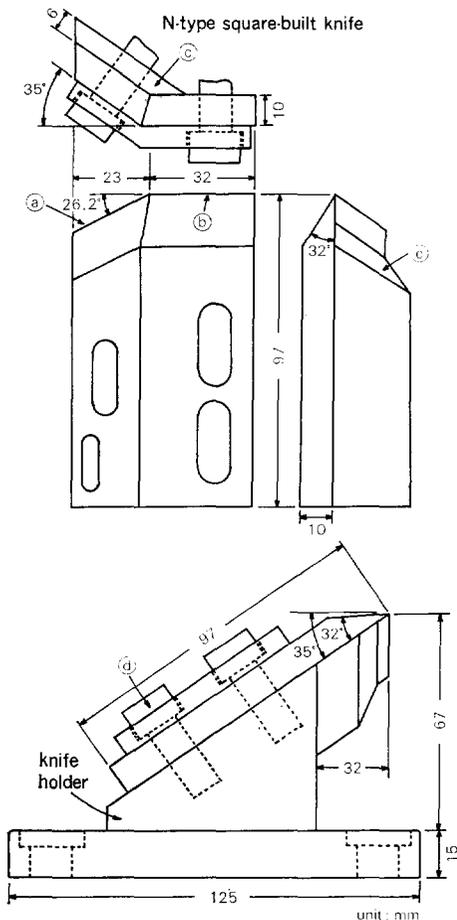


Fig. 25. N-型角刃とナイフ・ホルダーの形状
Configuration of N-type square-built knife and knife holder.

- Ⓐ, Ⓑ, Ⓒ: Fig. 9 参照 refer to Fig. 9,
- Ⓓ: ナイフ固定ボルト screw bolt for the fixation of knife.

る。Fig. 29, 30 はこの様子を示したもので、両図の場合には K_1 あるいは K_1' ナイフのどちらかの削り代が小さいために、結果的に切削面には 1 枚刃のナイフ・マークのみが残っている。Fig. 29 は、N-型角刃の角（切削面生成用切刃線とチップ生成用切刃線との接点、Fig. 25 参照）が切削面のほうへ相対的に突出している場合で、Fig. 30 はまったく逆の場合である。有効ナイフを 1 枚として本実験の条件から（1）式を用いて送り量 S_2 を求めると 32.3 mm になるが、N-型角刃の切削面生成用切刃線 L_1 の長さが 31 mm であるため、両図のナイフ・マークの幅は約 31 mm となっている。これらの図では 0.1~0.25

7.2. 結果と考察

7.2.1. 逆目ぼれの深さ別発生率

Fig. 26 は、N-型角刃における逆目ぼれの深さ別発生率を示したものである。図に示すように K_1 , K_1' ナイフにおける裏金後退量 l_1 が 1.5 mm あるいは 2.0 mm, そして K_2 , K_2' ナイフにおける裏金後退量 l_2 が 3.0 mm において、逆目ぼれ抑制効果をもっとも大きい。これは Fig. 21 の O-型角刃における l_1 が 1.0 mm, d_1 が 1.0 mm, H が 175 mm の場合とほぼ同じ程度の効果である。Fig. 21 において d_1 が 1.5 mm の場合には逆目ぼれ抑制効果が小さいにもかかわらず、Fig. 26 では d_1 が 1.5 mm でもかなりの逆目ぼれ抑制効果が認められるのは、 K_2 , K_2' ナイフにおける裏金の相乗効果と考えられる。このように、 K_2 , K_2' ナイフの裏金後退量を適正な値にすれば、逆目ぼれ抑制効果を保証しつつ、削り代 d_1 , すなわち K_1 , K_1' ナイフの生成するチップの厚さをある程度大きくすることが可能である。しかしながら d_1 が 2.0 mm になると Fig. 27 に示すように、抑制効果が小さくなり、裏金の相乗効果があまり期待できないようである。

7.2.2. 切削面の性状

Fig. 28 は触針式表面粗さ測定器で描かせた生節の周辺における切削面のプロフィールである。逆目ぼれは節の周辺に発生するが、表面粗さ曲線は節の左右の側において顕著に発生している逆目ぼれを示している。節のないところでは平滑な切削面が得られ、節の上での凹凸も比較的小さい。

ところで前にも述べたが、例えば K_1 あるいは K_1' ナイフの切刃線 L_1 の描く回転面と原木の送材方向が平行でない場合には、切削面に鋸歯状の凹凸が残

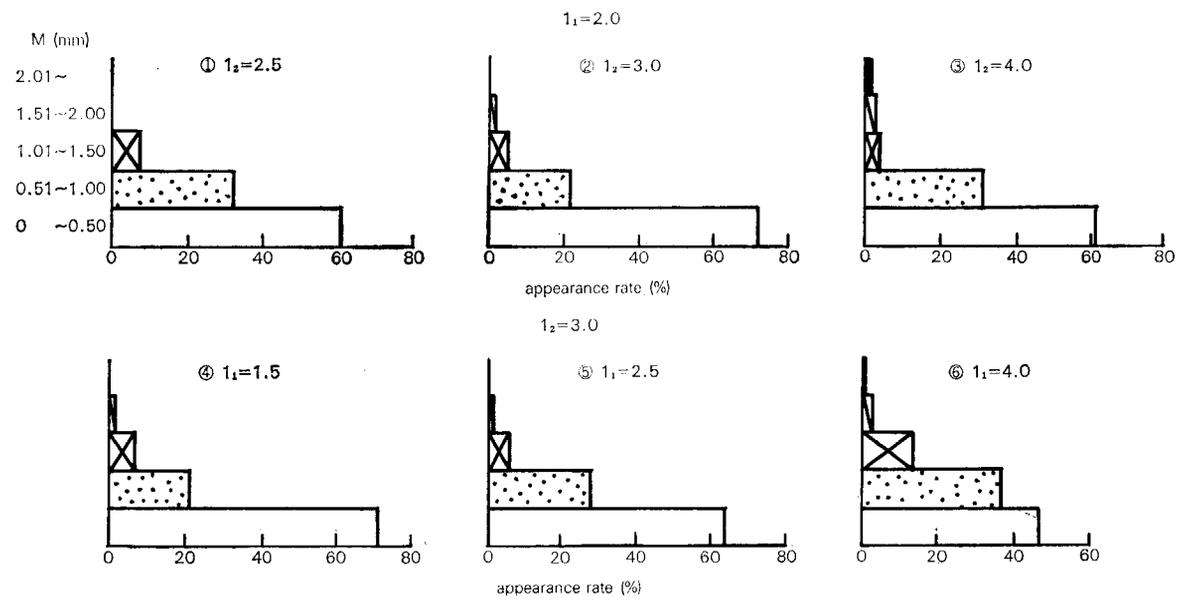


Fig. 26. 逆目ぼれに及ぼす裏金の影響 (N-型角刃, A-型裏金)
 Effect of cap iron on appearance of torn grain (N-type square-built knife, A-type cap iron).
 l₁, l₂: Table 7 参照 refer to Table 7; d₁=1.5mm, d₂=2.5mm;
 M: Fig. 12 参照 refer to Fig. 12.

Table 7. 実験条件
Experimental conditions.

被削材 work material	SUGI, 生材 green wood, 丸太 log (末口径 top end diameter...8~13cm, 元口径 butt end diameter...11~15cm)
ナイフ knife	A-型裏金付きN-型角刃 N-type square-built knife with A-type cap iron (K_1 と K_1' ナイフ用 for K_1 and K_1' knives), A-型裏金付きO-型角刃 O-type square-built knife with A-type cap iron (K_2 と K_2' ナイフ用 for K_2 and K_2' knives), 裏金なしの曲げ刃 curved knife without cap iron (K_3 と K_3' ナイフ用 for K_3 and K_3' knives), 裏金なしの平刃 flat knife without cap iron (K_4 と K_4' ナイフ用 for K_4 and K_4' knives)
加工 machining	$N=1000\text{rpm}$, $F=32.3\text{m/min}$, $H=175\text{mm}$, 最大削り代 the maximum depth of cut $d_{\text{max}}=30\text{mm}$ ($d_1=1.5$, $d_2=2.5$, $d_3=5.0$, and $d_4=21.0$ mm or $d_1=2.0$, $d_2=2.0$, $d_3=5.0$, and $d_4=21.0$ mm), 裏金後退量 receding amount of cap iron $l_1=1.5\sim4.0$ mm (N-型角刃), $l_2=2.5\sim4.0$ mm (O-型角刃), 末口から送材 infeed from top end

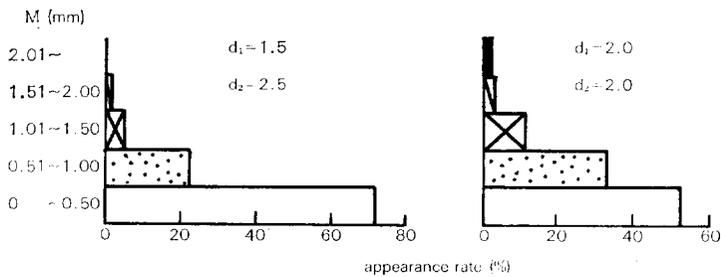


Fig. 27. 逆目ほれに及ぼす削り代 d_1 , d_2 の影響 (N-型角刃, A-型裏金)
Effect of depth of cut d_1 and d_2 on appearance of torn grain
(N-type square-built knife, A-type cap iron).

$l_1=2.0\text{mm}$, $l_2=3.0\text{mm}$; M: Fig. 12 参照 refer to Fig. 12.

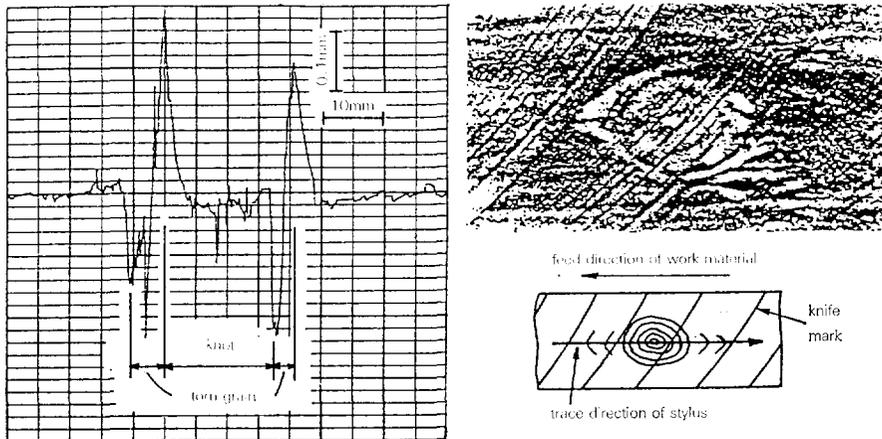


Fig. 28. 生節の周辺における切削面のプロフィール
Profile of machined surface around live knot.

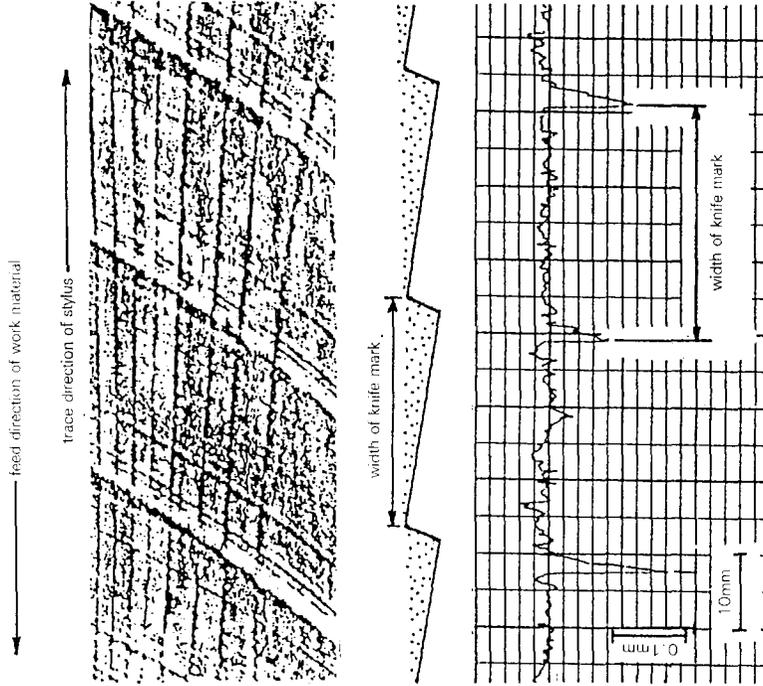


Fig. 30. 切削面のナイフマーク
Knife mark on machined surface.

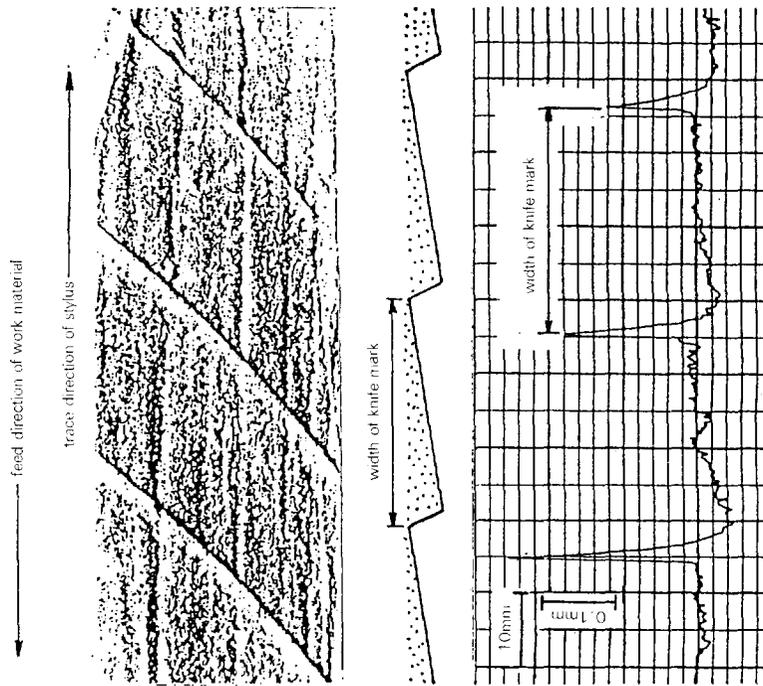


Fig. 29. 切削面のナイフマーク
Knife mark on machined surface.

mm 程度の高さのピークが現れている。ナイフのセッティング精度を上げることにより、これらの値をさらに小さくおさえることは十分可能であるが、まったくナイフ・マークが生じないようにすることはかなり難しい。いずれにしても、両図のどちらかのナイフ・マークのパターンが切削面に残るのが普通である。

Fig. 31 は帯鋸による挽肌の一般的なプロフィールである。Fig. 28~30 に示すチップパー・キャンタの切削面と比較してみるとかなり表面が粗い。チップパー・キャンタの切削においては、特に大きな逆目ぼれが発生しないかぎり良好な切削面が得られることがわかる。

Fig. 32~35 は、節周辺に発生する逆目ぼれの状態を示している。Fig. 32 は逆目ぼれがほとんど発生していない状態を示しており、この程度の切削面が生成できれば、製品の表面品質に関してはまったく問題はないであろう。Fig. 33~35 は節の存在部位別に三つに大別して逆目ぼれの状態を示したもので、節を中心としてみると、一般に節の左上から、左、左下、そして下とつながる一帯に逆目ぼれが発生する傾向がみられる。この一帯においては、切削方向に対して逆目となるように繊維が走っているため、こうした傾向が現れてくるのは当然のことである。なお前にも述べたが、材の下端の節を切断して逆目切削の状態ではナイフが繊維をひっかけながら材から抜け出る場合、Fig. 35 の a, b に示すように材の下端の欠けがしばしば発生する。

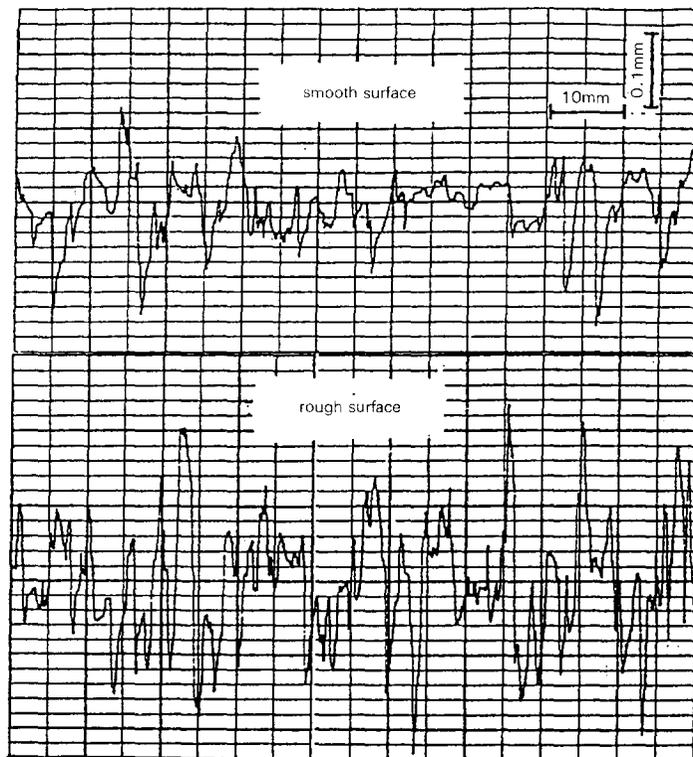


Fig. 31. 帯鋸による挽肌プロフィール
Profile of sawn surface.

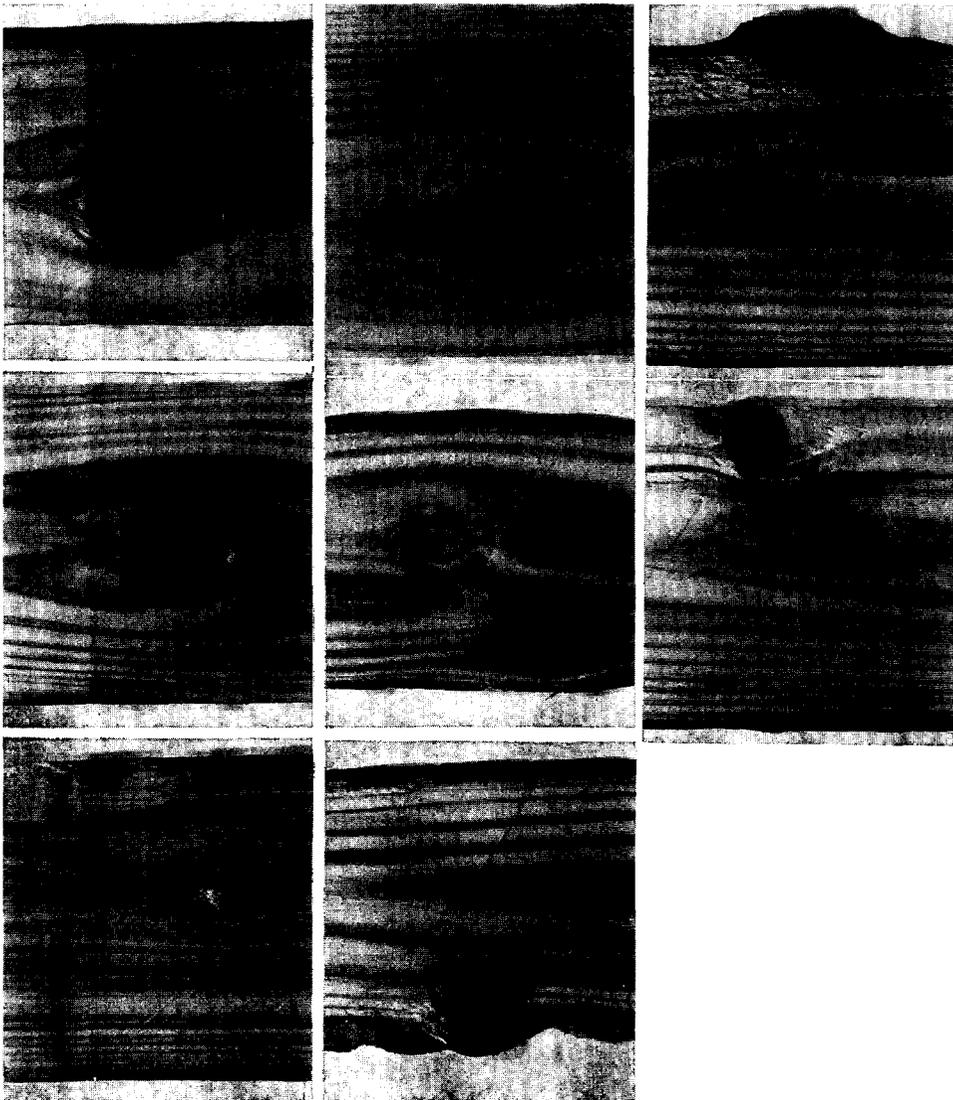


Fig. 32. 節周辺における逆目ぼれの発生状態（ほとんど逆目ぼれのない状態）
Appearance of torn grain around knot (scarcely any torn grain).

Fig. 36 は節以外の部分に発生する目ぼれおよび逆目ぼれを示している。a は比較的乾燥した材に発生した目ぼれで、春材の軟らかくて切削し難い部分が塊状に掘り取られたものである。b, c は板目面における年輪の環状部分に沿った春材部分が掘り取られた逆目ぼれである。なお c は比較的乾燥した材であった。これらの欠点の発生頻度は節周辺の逆目ぼれの発生頻度に比較すると非常に低かった。

7.2.3. 切削消費電力

Table 8 は各条件における切削消費電力を示したものである。表から明らかなように、条件別の最大消費電力には差がみられない。最大消費電力の範囲はほぼ 7～14 kw で、この結果が実用作業条件下で得



Fig. 33. 切削面の上部に存在する節周辺の逆目ぼれ
Appearance of torn grain around knot located in upper part
of machined surface.

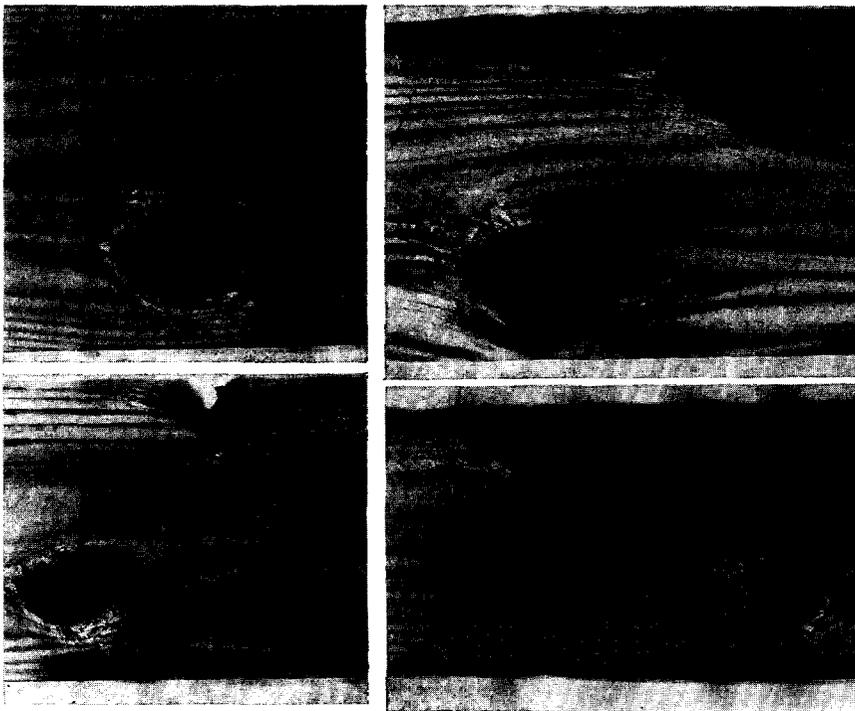


Fig. 34. 切削面の中部に存在する節周辺の逆目ぼれ
Appearance of torn grain around knot located in middle
part of machined surface.

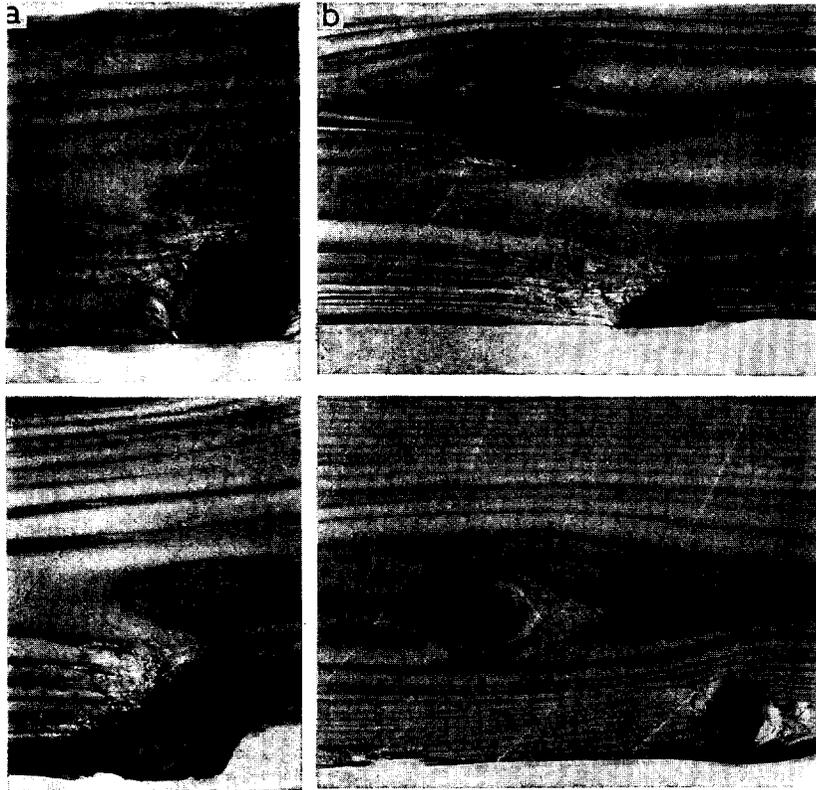


Fig. 35. 切削面の下部に存在する節周辺の逆目ぼれ
Appearance of torn grain around knot located in lower part of machined surface.

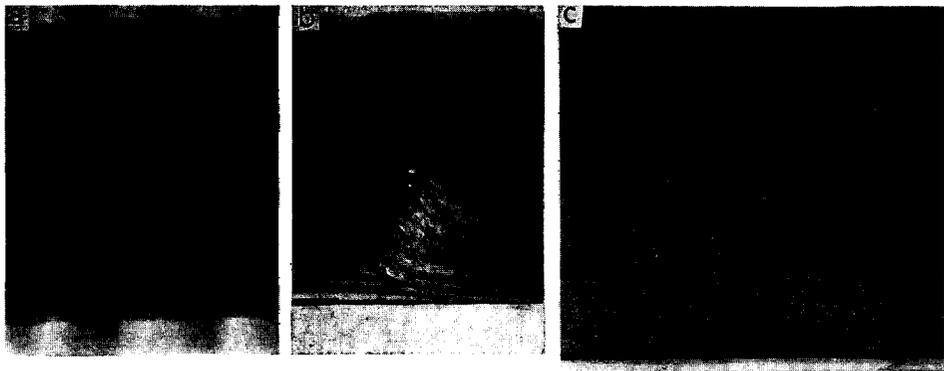


Fig. 36. 目ぼれと逆目ぼれの発生
Appearance of torn grain and other defect of machined surface.

Table 8. 切削消費電力
Electric power consumption during cutting.

切削条件 cutting condition ¹⁾	測定回数 number of measurements	削り代 depth of cut d ²⁾ (mm)	切削面の最大幅 maximum width of machined surface (cm)	最大消費電力 maximum electric power consumption (kw)
1	26	15.0~28.0	7.5~11.5	7.4~12.8
2	26	15.0~27.5	7.0~12.5	7.3~13.6
3	26	17.5~27.5	7.0~10.5	7.4~14.1
4	26	12.5~25.0	7.5~11.5	6.5~12.2
5	26	17.5~27.5	7.0~11.3	7.5~14.2
6	22	20.0~30.0	7.0~11.0	7.7~14.0

1) : Fig. 26 の番号を参照 refer to the number in Fig. 26.

2) : $d = \{(\text{元口径 butt end diameter}) - (\text{製品の公称幅 nominal width of product})\} / 2$.

Table 9. 製品の寸法精度
Machining accuracy of products.

切削条件 cutting condition ¹⁾	測定対象の製品数 number of products measured	最大差 maximum difference ²⁾ (mm)
1	12	0.05~0.35 (0.22)
2	12	0.10~0.40 (0.23)
3	13	0.10~0.45 (0.29)
4	13	0.05~0.45 (0.26)
5	13	0 ~ 0.65 (0.24)
6	11	0.15~0.55 (0.34)

1) : Fig. 26 の番号を参照 refer to the number in Fig. 26.

2) : 製品 1 個当たり 3 点測定における最大寸法差 maximum difference between dimensional values measured at three points per product.

() : 平均値 mean values.

られたものであることを考慮すると、前にも述べたように、本機の主軸モーターの容量は 15 kw 程度で十分と考えられる (Fig. 23, 24 参照)。

7.2.4. 製品の寸法精度

Table 9 に示すように、製品の最大寸法差は 0 ~ 0.65 mm の範囲で、この程度の寸法差であれば実用上問題はないと考えられる。

なお本研究では、実験の都合上、右ナイフの改良はまったく行っていない。したがって左ナイフと同じ改良型のナイフを取りつけた場合には、切削面の品質も向上し、また寸法精度も Table 9 に示す値より良くなることが十分予想される。

7.2.5. チップの収量

本機において生産されるチップの収量を示したのが Table 10 である。チップの膨容比は B/A で求め

Table 10. チ ッ プ 収 量
Chip yield.

	切 削 前 before cutting		切 削 後 after cutting		チップ化した部分の体積 volume converted into chip A (cm ³)	チップの層積 stacked content of produced chip B (cm ³)	$\frac{B}{A}$
	被削材の寸法 dimension of work material (cm)	体積 volume (cm ³)	被削材の寸法 dimension of work material (cm)	体積 volume (cm ³)			
測定 measurement 1	9.1×9.0×201	16461.9	6.1×6.2×201	7601.8	8860.1 } 11231.9 2371.8	33843.8	3.01
	7.0×7.0×201	9849.0	6.0×6.2×201	7477.2			
測定 measurement 2	9.1×9.0×200	16380.0	6.2×6.2×200	7688.0	8692.0	27075.0	3.11

られ、測定1では約3.0、測定2では約3.1となる。したがって膨容比を3とすると、1 m³の原木がすべてチップになった場合には、層積で3 m³のチップが得られることになる。いま末口径10 cm、元口径14 cm、長さ2 mの原木から7.0×7.0 cm角を生産するとする。原木の平均径12 cmを用いて原木の材積を求めると0.0288 m³となり、一方角材の材積は0.0098 m³となる。したがって切削された部分の体積は0.019 m³となり、チップの層積は0.057 m³となる。層積で1 m³のチップを生産するには、同じ大きさの原木が約17.5本必要になってくる。

7.2.6. 作業能率

2 m材を送材速度32.3 m/minで加工し、2回の切削で角材を生産する場合、模擬実験によると1時間に約60本の処理が可能であった。この処理本数は一般のツイン丸鋸盤におけるそれにほぼ匹敵するもので、作業能率に関する問題はほとんどないと考えられる。

結 論

小径木の効率的加工方式の確立を旨として試作されたチップパー・キャンタを実用化するために解決しなければならないもっとも重要な技術的課題は、主製品の表面品質の向上、特に節周辺に発生する逆目ぼれの抑制技術の開発であるという観点から、ナイフおよび裏金の改良を行い、スギを試験材とし主として逆目ぼれ抑制効果について検討した。得られた結果は次のとおりである。

1) N-型角刃(すくい角55°、刃先角32°、逃げ角3°)とA-型裏金の併用により、ほぼ満足のいく逆目ぼれ抑制効果が得られるようになった。この効果をもっとも期待できるのは、K₁、K₁' ナイフにおける削り代d₁が1.5 mm、K₂、K₂' ナイフにおける削り代d₂が2.5 mm、K₁、K₁' 裏金の後退量l₁が1.5~2.0 mm、そしてK₂、K₂' 裏金の後退量l₂が3 mmのときであった。なお裏金の逆目ぼれ抑制効果における相乗効果の点から考えて、裏金はK₁、K₁' およびK₂、K₂' ナイフのみに取りつければ十分と思われる。

これらの適正条件下では、発生する逆目ぼれの約70%はその深さが0.5 mm以下になり、かなり小さな逆目ぼれに抑えられた。この程度の逆目ぼれであれば、小径木製品の主要な用途である見えがくれ材の品質としてはまったく支障がない。

2) 製品の寸法誤差は 0～0.65 mm の範囲にあり、実用上問題はなく、さらに加工精度を上げることは十分可能である。

3) チップの長さは 1 刃当たりの送り量を変えることにより任意に設定できる。一方厚さは各ナイフの削り代によって決まり、削り代 d_1 , d_2 に関しては要求される製品(角材)の表面品質が保証できる値に設定すべきであり、表面品質に直接影響を及ぼさない d_3 , d_4 に関してはある程度自由に設定してもよい。

4) 片側コーンの主軸モーターの容量は 15 kw 程度で十分であり、これは一般のツイン丸鋸盤のモーターの容量とほぼ同じである。

5) 30 m/min 以上の送材速度においても、逆目ぼれ抑制効果が認められ、実用的な送材速度が十分保証できる。

6) 2 m 材を送材速度 32.3 m/min で加工し、2 回の切削で角材を生産する場合、1 時間に約 60 本の処理が可能で、作業効率に関して特に問題はない。

以上、主製品の表面品質の向上、特に節周辺に発生する逆目ぼれの抑制方法を中心に検討してきた。その結果、ナイフの形状、裏金の形状、裏金後退量、削り代などの条件が適正であれば、逆目ぼれがかなり抑制されることが明らかになり、高品質の切削面を有する製品が得られるようになった。これによって、本機の実用化にとって大きな障害となっていた技術的問題がほぼ解決できたと考えられる。今後、ナイフの角度などについて検討し、適正なナイフ条件を明らかにすることにより、さらに良好な切削面が得られる可能性は十分ある。また実用化にあたっては、効率的なナイフ研磨の方法とナイフ・セッティングの精度向上を図る方法を検討するとともに、チップの収集方法などについて検討していかなければならないであろう。

引用文献

- 1) McCanna, F. J. : F. P. J., 16(5), 19, (1966)
- 2) Bryan, R. W. : Forest Industries, 96(13), 68, (1969)
- 3) Letkeman, R. : Canadian Forest Industries, 92(4), 43, (1972)
- 4) Bryan, R. W. : Forest Industries, 107(12), 50(1980)
- 5) 小西千代治 : 第 32 回日本木材学会大会講演要旨, 128, (1982)
- 6) 小西千代治 : 木材工業, 38(2), 15, (1983)
- 7) 小西千代治 : 木材工業, 39(1), 20, (1984)

The Suppression Technique of Torn Grain on Chipper Canter for Small Diameter Log Processing

Katsutoshi FUJIWARA⁽¹⁾

Summary

In general, the small diameter log like the thinning log has many defects such as knots, crooks, twists, and the like, and its quality is poor. Therefore it is difficult to produce high quality sawn timber and the total value of such timber is low. During the sawmilling process of such defective logs, it is necessary to spend a great deal of effort on reducing the production costs by promoting the sawing efficiency and on improving the product's quality.

In order to accommodate this requirement, the twin circular saw machine, the twin band saw machine, the double band saw machine, etc. were developed and put to practical use. The sawing efficiency of these machines is high because both sides of log are sawn at the same time and twice the usual amount of product can be produced. However the slabs obtained can not be converted into chip, flake, small size board, wood wool, etc. without using other machines. Consequently in spite of the reduction in production costs of the main product the total production costs can not be effectively reduced because of the additional production costs of by-products during the subsequent machining stages. Based on this consideration, a chipper canter for small diameter log processing, on which both the squared timber as the main product and the chip as the by-product are produced at the same time using two rotary cones with 16 knives, was made by Chugoku Kikai Seisakusho Co., Ltd.

It has been clarified by studies carried out hitherto that the most important technical subject to which this machine can be put to practical use is the development of a technique to improve the machined surface quality, especially to suppress the appearance of torn grain around knots. In the present study, the focus was placed on this subject, and the suppression technique of torn grain was developed while improving the shape of the cutter knife or cap iron. The material used was SUGI (*Cryptomeria japonica* D. Don). The results obtained are summarized as follows.

- 1) An almost satisfactory result can be obtained by using the N-type square-built knife (rake angle of 55° , sharpness angle of 32° , and clearance angle of 3°) and A-type cap iron. The greatest effect can be obtained under the conditions that the depth of cut d_1 at K_1 and K_1' knives is 1.5 mm, the depth of cut d_2 at K_2 and K_2' knives is 2.5 mm, the receding amount l_1 at K_1 and K_1' cap irons is 1.5~2.0 mm, and the receding amount l_2 at K_2 and K_2' cap irons is 3.0 mm (Fig. 26). Under these reasonable conditions the appearance rate of torn grain with the maximum depth less than or equal to 0.50 mm was about 70 percent. There are no problems regarding the machined surface quality when products keeping within the bounds of this depth of torn grain are used for building timber such as roof beam rafters, studs, floor joists, sleepers et cetera which are not exposed in the

Received November 29, 1986

(1) Wood Technology Division

room interiors.

Considering the multiplicative suppression effect of cap irons on the appearance of torn grain, it also seems that there is no need to install cap irons on K_3 , K_3' , K_4 , and K_4' knives.

- 2) The difference in dimensions of squared timber produced is in the range of 0 to 0.65 mm, and there is no problem concerning the practical use of product.
- 3) The chip length can be freely set by changing the feed per knife. The chip thickness depends on the depth of cut of each knife. The depth of cut d_1 and d_2 should be set to the values by which the machined surface quality required are guaranteed, however the depth of cut d_3 and d_4 can be freely set to a certain extent because it seems that the values of d_3 and d_4 have no effect on the machined surface quality of squared timber.
- 4) A 15 kw capacity motor is quite enough to act as the main motor of a rotary cone. This value is equivalent to the capacity of a main motor in practical twin circular saw machines.
- 5) The suppression effect in appearance of torn grain is guaranteed under a practical feed speed more than 30 m/min.
- 6) When small diameter logs with the length of 2 m are processed under the conditions at a feed speed of 32.3 m/min and at two round cutting operations a log about 60 logs per hour can be converted into squared timber, so there is no problem concerning work efficiency.

As mentioned above, a nearly satisfactory suppression effect in the appearance of torn grain could be obtained by using reasonable knives, cap irons, and machining conditions. The machined surface quality of squared timber was greatly improved. As a result the chipper canter can be put to good practical use. However in order to produce squared timber with a higher quality machined surface, further investigations should be carried out.

Other areas requiring further study concerning the practical use of this machine are the effective sharpening method of knife, the method for accurate knife setting and the gathering method of the produced chip. Advanced technology is not required to solve these problems.