

プレーナによる木材の面仕上げ（Ⅱ）

仕上げ面の品質におよぼす切削条件の影響

森 稔⁽¹⁾
星 通⁽²⁾

1. ま え が き

木材の切削面には、周知のように逆目ぼれ、毛羽立ち、そのほか刃物の切削作用と被削材質との関連から、各種の欠点が発生する。とくに、プレーナ切削では、素挽材を対象とするため被削材自体の材質的欠陥が多く、しかも強制切削が行なわれるため、いきおい切削面には各種欠点の発生がいちじるしく、これが加工歩止りあるいは仕上げ品質低下の主要原因となる。

一般にプレーナの切削面に発生する加工上の欠点は、上記の逆目ぼれ、毛羽立ちのように被削材質と密接に関連するいわば材質的欠点と、鉋刃の欠け跡、焼け跡、snipe（ガッタ、材長両端の過大切削跡）のように材質との関連は比較的薄く、刃物の欠損、使用機械の調節不良など主として外部的原因にもとづくものの両者に大別しうるが、木材切削の本質に関係するものはいうまでもなく前者の材質的欠点であり、この種欠点の発生機構やその樹種特性を明らかにすることは、木材の被削性評価のうえにも、また実用切削技術上においてもぜひ必要であると考えられる。

この報告は、プレーナ切削面に発生する上記材質的欠点に着目し、本邦産数樹種の乾燥挽板を供試材として、その発生形態、樹種特性について調べ、また欠点の発生状態から切削面の仕上げ品質を評価することにより、切削諸因子、被削材質と仕上げ品質の相互関連を明らかにし、その結果から各樹種の被削性（面仕上げの難易）ならびに面仕上げに対する適正切削条件の選定基準について考察を加えたものである。

なお、実験に際しては、当部応用研究室 多田芳太郎技官の熱心なご協力をえた。記してあつく感謝の意を表したい。

2. 実 験 方 法

2.1 切削機械および鉋刃

切削機械には、当加工研究室据付け菊川鉄工所製 K-2 型 600 mm 1 面プレーナを使用した。当機のカッターヘッドは直径 127 mm の丸胴型、鉋刃のセット刃数 4、同仕込み角 56°、カッターヘッドの回転と材送りは 5 IP と 2 IP の別個の電動機で行なわれ、別に縁取り研削装置を有する。カッターヘッドの回転数 (N) は 4,560 r.p.m. と 5,850 r.p.m. の 2 段に、材の送り速度 (F) は 6~75 m/min の範囲で数段に変速しうる。

(1) 前木材部加工科加工研究室長・現九州大学農学部助教授

(2) 木材部加工科加工研究室員

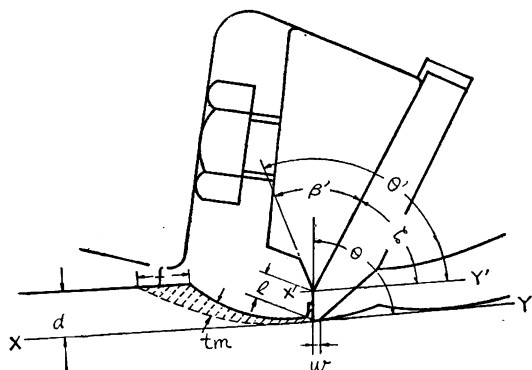


Fig. 1 プレーナ切削の諸因子

Factors in planer cutting.

幅 (Fig. 1, w) は、いずれの実験においても 0.3 mm 以下に仕上げた。

チップブレーカは、その掬い面の切削面に対してなす角 (Fig. 1, θ') を 90° とし (掬い面は平面)、その刃先と鉋刃先の距離 (Fig. 1, l) を、ことわりないかぎり 1.5~2 mm でセットした。 l を大きくしたのは、切り屑の生成過程でチップブレーカの影響が加わらないようにするためである。

Table 1 に、切削実験における N , F の組合せおよび各組合せにおけるナイフマークの平均幅を示した。同表において、刃先を縁取り研削せる $N=4,560$ r.p.m. では、 $F>23$ m/min において切削有効刃

鉋刃には SKH₃, 4 組計16枚を使用した。
逃げ角は 16° に一定とし、各組の刃先角をそれぞれ 40° , 50° , 60° , 70° に研削し、切削角を 56° , 66° , 76° , 86° とした。とくに $N=4,560$ r.p.m. の切削では、鉋刃の縁取り研削を行なった。同研削では、はじめに直径 150 mm, 厚さ 9.5 mm, K, 46#, WA 砥石 3,300 r.p.m. で逃げ角をグライディングし、つぎに # 200, ニッケルボンド, 表面 10×10 mm² のダイヤモンド砥石によりホーニング仕上げした。ホーニングにおける縁取り

Table 1. 切削実験における送り量

Feed rate in cutting tests.

1) (mm)							
F	75.2	50.2	35.6	23.7	16.0	11.9	8.0
f_{rev}	16.5	11.0	7.8	5.2	3.5	2.6	1.8
f	4.1	2.8	2.0	1.3	0.9	0.7	0.4
e'	4.1	2.8	2.0	1.3	1.7	1.3	1.7
n'	4	4	4	4	2	2	1

2) (mm)				
F	21.5	14.3	10.0	6.6
f_{rev}	3.7	2.5	1.7	1.1
f	0.9	0.6	0.4	0.3
e'	3.7	2.5	1.7	1.1
n'	1	1	1	1

1) Cutting tests with jointed knives, $N=4,560$ r.p.m.

2) Cutting tests with unjointed knives, $N=5,850$ r.p.m.

F : 送り速度 Feed speed (m/min).

f : 1 刃あたり送り量 Pitch of knife-cut (mm).

f_{rev} : 1 回転あたり送り量 Feed rate in a rev. of the head (mm/rev).

e' : ナイフマークの平均幅 Mean width of knife marks (mm).

n' : 切削有効刃数 Number of knives operative to make knife-marks on the cut-surface.

数¹⁾4枚, 同研削を行なわない $N=5,850$ r.p.m. ではいずれの送り速度に対しても有効刃数1枚であった。なお, 一般に使われているプレーナの送り速度は 20m/min 以下が普通であるが, 本実験では縁取り研削の効果として, その4倍近くの高速送りを行ない, プレーナ切削における高速度切削の可能性に対しても検討を加えた。

2.2 供試材

供試材には, スギおよびミズナラの試験片と, 9樹種の挽板乾燥材を用いた。

前者のスギおよびミズナラ試験片では, 木理斜交角 (φ_B : 切削面において繊維走向と切削方向のなす角) が零, 繊維傾斜角 (φ_A : 切削面の切削方向直角断面において繊維走向が切削面に対してなす角) が $0 \sim 90^\circ$ の範囲で, $10 \sim 15^\circ$ ごとに変化する9個1組の試験片 (切削面は板目面, 幅 5cm , 長さ 40cm , 厚さ 4cm) を用意した。

後者の挽板試験片には, Table 2 の9樹種を用いた。このうち, スギは小径木数本を, マカンバ, ヤチダモ, シナノキ, ドロノキおよびアカマツは比較的大径の通直完満な原木それぞれ2~3本を, またアカガシでは挽角材数個をそれぞれだら挽きし, 人工乾燥の後, スギのみは小節を含む幅 9cm , 厚さ 2cm , 長さ 90cm の試験片600枚を, 他の樹種では節, 狂い, そ

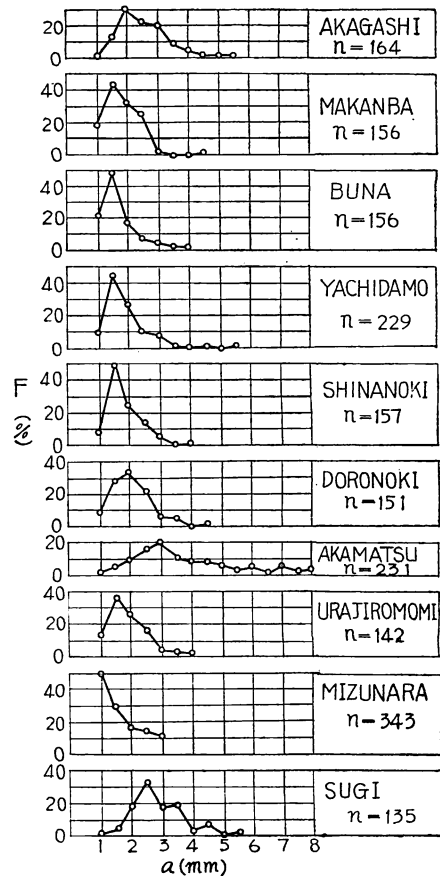
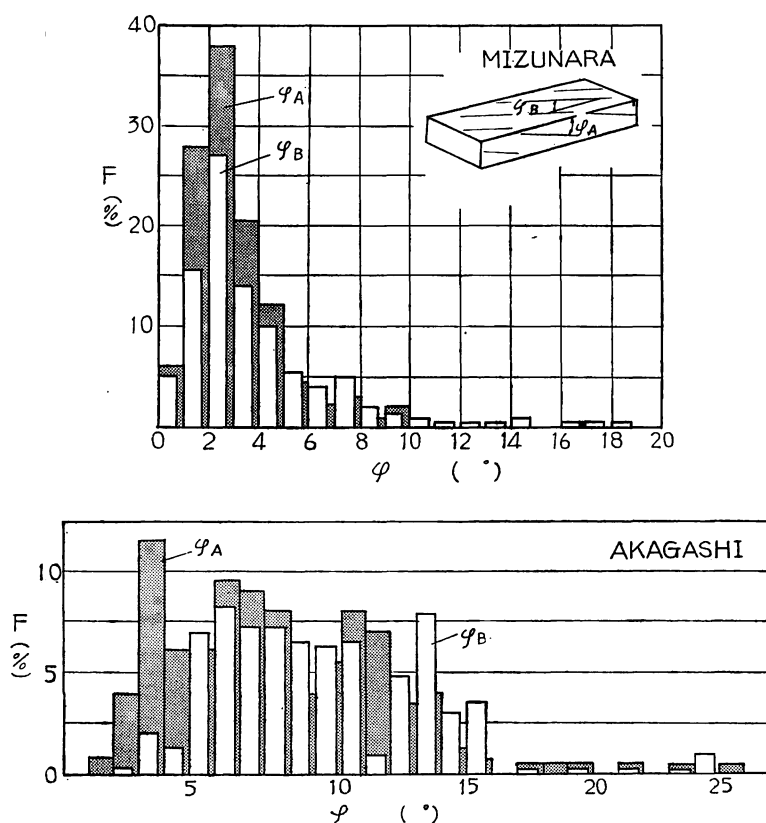


Fig. 2 供試材の年輪幅 (a) の度数分布
Frequency diagrams of width of annual rings of test specimens (a).

Table 2. 供試材の気乾比重 (ru) と平均年輪幅 (a)
Specific gravity (ru) and mean width of annual ring (a) in air dry condition of test specimens.

Common name	Scientific name	ru	a^* (mm)
SUGI	<i>Cryptomeria japonica</i>	0.30~0.45	2.5
URAJIROMOMI	<i>Abies homolepis</i>	0.35~0.50	2.0
AKAMATSU	<i>Pinus densiflora</i>	0.45~0.62	3.0
DORONOKI	<i>Populus Maximowiczii</i>	0.40~0.55	2.0
SHINANOKI	<i>Tilia japonica</i>	0.36~0.50	1.5
YACHIDAMO	<i>Fraxinus mandshurica</i>	0.46~0.70	1.5
BUNA	<i>Fagus crenata</i>	0.57~0.75	1.5
MAKANBA	<i>Betula Maximowicziana</i>	0.65~0.75	2.0
MIZUNARA	<i>Quercus mongolica</i>	0.56~0.85	1.5
AKAGASHI	<i>Quercus acuta</i>	0.80~1.02	2.0

* See Fig. 2



φ_A ; 繊維傾斜角

Angle of grain direction of specimen to the surface cut.

φ_B ; 木理斜交角

Angle between feeding direction and grain direction on the surface cut.

Fig. 3 供試材における φ_A , φ_B の度数分布

Frequency diagrams of φ_A , φ_B of test specimens.

の他欠点部分を除去した幅 10 cm, 厚さ 2 cm, 長さ 50 cm の試験片それぞれ 200~300 枚を用意した。つぎに各樹種試験片を年輪幅, 比重およびあらかじめ仕上げた切削面の状態などから, 各グループの含む材質がほぼ等しくなるよう 100 枚を単位として, 2~6 グループに組分けした。各樹種グループの含む材質を端的に表示することはむずかしいが, その資料として年輪幅の頻度分布を Fig. 2 に, またミズナラおよびアカガシについては, φ_A , φ_B のチラバリを Fig. 3 に示した。アカガシは, とくに繊維走向のねじれが著しく, 大多数の試験片は φ_A , φ_B が 5° 以上を示している。他の樹種は φ_A , φ_B は比較的小さく, ほとんどは 5° 以下であった。

2.3 切削実験

切削実験における変化因子は, 次のとおりである。

f : 1 刃あたりの送り量 (mm), d : 切削深さ (mm),

θ : 切削角 ($^\circ$), l : 鉋刃先とチップブレーカ先端の間隔 (mm)

切削面に発生した欠点の深さ(高さ)は, 読取り顕微鏡のスライド送り台にダイヤルゲージをセッ

し、その先端(先端径 40~50 μ) を切削面に沿って平行移動せしめ、ダイヤルゲージの読みを記録し、欠点部分の読みの最大値あるいは最小値と無欠面平滑部分の読みの平均値との差をもってあらわした。

また、挽板試験片各グループの切削試験結果は、供試樹種の有する材質的ムラの影響を包括した総合的表示法として DAVIS, E.M. ら^{3)~7)} が提唱している無欠点率 (Percentage of defect-free pieces) あるいは欠点率 (Percentage of defective pieces, Percentage of serious defective pieces) をもって表示した。すなわち、一定試験切削条件に対し各樹種 1 グループ 100 枚の試験片を切削し、その切削面を 1 枚ずつ肉眼観察して、欠点の全く発生していない良好な切削面、欠点は発生しているがその程度が軽微な切削面、欠点の発生が著しくプレーナ仕上げ面として利用しえない切削面の 3 品等に区分し、欠点のない良好な切削面の枚数の百分率をもってその切削条件における無欠点率、同じく欠点を有する切削面の枚数の百分率をもって欠点率とし、この無欠点率(欠点率)をもってその樹種の該当切削条件における仕上げ品質を評価した。なお、ことわりなくぎり試験片は常に大なる逆目を避けるよう順目方向から切削し、供試面は木表、木裏両面を約半数ずつとした。なお、この評価法では主観的要素が多分にはいるので、あらかじめ上記 3 品等の切削面について欠点の程度の標準試験片を作成し、これを標準として全試験を通じて主査 1 名、補助 1 名の同一人が実施した。欠点の程度は、たとえば、スギおよびヤチダモについて、軽微な欠点と著しい欠点のサンプルを Photo. 1~4 に示しておいた。

3. 実験結果および考察

3.1 欠点の発生形態

切削加工における面の欠点は、はじめにも述べたように、木材の材質と密接に関連した欠点と材質とは比較的關係が薄く、主として外部的原因にもとづく欠点の両者に大別されるが、本実験を通じて切削面に観察された前者の材質上の欠点は、逆目ばれ、毛羽立ち、目違いおよび目離れの 4 種である。この種の欠点に関しては、すでに数余の報告^{2)~9)} が行なわれているが、本邦産材については記載例が乏しいので、つぎにその発生形態を簡単に記載する。

1) 逆目ばれ 一般には単に逆目と呼ばれる。周知のように、材の繊維走向が切削面に対し逆目方向に傾斜しているため、先割れが母材内部に進行し、この部分が掬い面で曲げ破壊され、切削面から掘り取られて発生する。樹種および繊維走向によってその発生形態を異にし、つぎの 3~4 に類別しうる。

その 1 は、切削面の逆目部分が塊状をなして広く掘り取られるもので、とくに春秋材の硬度差の明りょうな針葉樹の板目面では木理にそって顕著に発生する。木裏面と木表面では発生形態を異にし、木裏面では秋材部分がきわだって深く大きく掘り取られ、木表面では秋材から春材にかけて広い範囲にわたり小塊をなして掘り取られる (Torn grain)。スギについての発生例を Photo. 1~2 に示した。針葉樹ではその深さは一般の切削条件下では 1 mm 以下、まれに 2 mm 以上である。

その 2 は、切削面から繊維束が針状に細かく、あるいは小塊状に掘りとられたもので、材面の繊維走向にしたがい、切削面に規則正しい帯状をなし、あるいは不規則に散点する (Chipped grain)。ヤチダモおよびシナノキについての発生例を Photo. 3~5 に示した。その深さは通常 0.3 mm 以下である。

その 3 は、放射組織が逆目となるため、放射組織基部が掘り取られたもので、広放射組織を有する広葉樹の柾目面に発生する。ブナについての発生例を Photo. 6 に示した。

上記のほか、スギ、ドロノキなど軟材の春材部分では Chipped grain の根部が母材から分離せずに付

着したまま残り、Photo. 7 のように毛羽立ちように逆目立つものがある。なお、回転切削では、ナイフマークの半面は常に逆目切削であり、大きなナイフマークではその半面が著しく粗面を呈する (Photo. 8)。

2) 毛羽立ち つぎの2形態が観察された。

その1は、刃物の切れ味が十分でないため、切込量に相当する部分の一部の繊維あるいは繊維束が削り残されて綿毛状に毛羽立つもので、軟材の順目部分に発生しやすい (Woolly grain, Soft spots)。スギおよびシナノキについての発生例を Photo. 9~10 に示した。

他の1は、刃先が鈍化したため、切込量に相当する一部の繊維束が切断されることなく切削面内に圧入され、刃先の通過後浮かび上がってササクレ立つもので、硬材の毛羽立ちの多くはこの形態に属し、順目切削において顕著に発生する (Fuzzy grain)。とくに環孔材では、削り残された繊維束が道管内に圧入され、刃先の通過後道管の形を写して浮かび上がる。ミズナラについての発生例を Photo. 11~12 に示した。

3) 目違い 目違いはあたかも杉の焼肌研面のように、切削面の木理に沿い春秋材ごとの凹凸を呈するもので、一般には秋材部分が凸に浮き上がる (Raised grain)。春秋材の硬度差の顕著な針葉樹の木裏面を順目方向から切削したとき、刃先の摩耗しているほど発生が著しい。

Photo. 13~14 は、スギの同一板目材を順目方向から切削したときの、木表、木裏両面を比較したもので、木表面には全く発生していないが、木裏面では著しい目違いが発生している。このように、春秋材の硬度差の顕著な針葉樹において、木裏面の秋材が凸に浮き上がるのは次の理由によると考えられる²⁾。すなわち、木口断面において、木裏から木表へは秋材から春材への組織変化が急であるため、木裏面の切削では、硬度の高い秋材部分に加わる大きな切削力がその下層に位置する春材部に衝撃的に加わる結果、春材組織は歪んで沈み、これが刃先の通過後弾性回復して上層の秋材部分を切削面上に浮き上げるためである。Photo. 15~16 は、同条件で切削したスギ板目面の木裏、木表両木口断面を表面顕微鏡により観察したもので、木裏面では秋材下部に位置する仮道管は変形し、放射組織は挫屈のあとを残しているが、木表面ではこのような切削力による組織の歪みは認められず、上記のことを裏づけている。したがって、木口断面における春秋材の組織変化が木表⇄木裏の両方に急なカラマツなどでは両面ともに発生例が多く、また春材組織もち密なヒノキでは両面ともに発生例が少ない。

以上のほか、針葉樹および広葉樹の軟材では、柾目面および板目面 (木表面を含む) で、春材部分の隆起した春秋材ごとの凹凸を呈するものがある。これは春材の軟質部分では刃先の切れ味が十分でないため、繊維を完全に切断することができず、その部分を材中に圧入して通過するため、切削後弾性回復して隆起するためと考えられ、毛羽立ちをともなって発生する。ドロノキについての発生例を Photo. 18 に示した。

4) 目離れ 切削面における木理環状部分の秋材部分の先端あるいは周縁が、春秋材の境界層から剥がれるように分離したもので、本実験ではスギおよびウラジロモミに数例観察されたにすぎない。Loosend grain と呼ばれる。スギについての発生例を Photo. 19 に示した。

以上のほか、材質上の欠点とはみなし難いが、切削面にしばしば発生し、その形態が材質の影響を受けるものにチップマーク (Chip mark)、かなすじ (鉦条) などによる刃先 Chipping の条痕が挙げられる。チップマークは単なる切り屑跡ではなく、切削中の刃先に分離された切り屑がからみつき、そのままの状態での切削が行なわれるため、切削面に細い条痕が刻みつけられたもので、Photo. 20~21 の

Table 3. φ_A が逆目ぼれの深さにおよぼす影響
Effect of φ_A on the depth of torn or chipped grain. (0.01mm)

φ_A	10°	20°	30°	40°	50°	60°	75°	90°
Materials								
SUGI	4~18	20~70	44~88	40~80	60~78	54~74	36~72	12~62
MIZUNARA	4~15	8~20	15~26	16~24	11~16	6~12	—	—

$f=2.8\text{mm}$, $d=2\text{mm}$, $Q=56^\circ$, $N=4,560\text{ r.p.m.}$

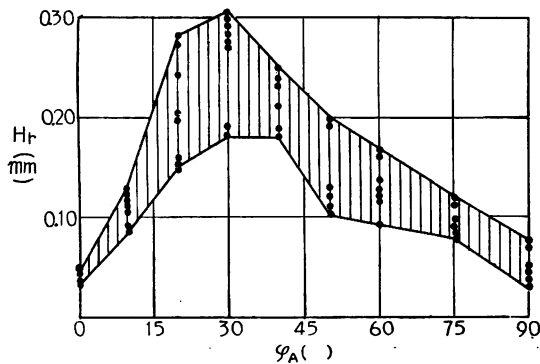


Fig. 4 φ_A が目違いの高さ (H_r) におよぼす影響
Effect of φ_A on the height of raised grain (H_r).
SUGI, $f=0.9\text{mm}$, $d=1\text{mm}$, $\theta=56^\circ$

ように、長さ 1 cm 内外の幾本かの条痕が集まり、幅 0.5~1 cm の白い斑点として観察される。

3.2 切削諸因子の影響

1) 繊維傾斜角, 木表・木裏面 Table 3 は、スギおよびミズナラについて、繊維傾斜角 (φ_A) による Torn grain あるいは Chipped grain の深さの変化の測定結果であって (逆目切削), 両者とも φ_A に対して最大値を有し、スギでは約 50° , ミズナラでは約 30° で最も深く、以後は φ_A の増加にしたがいいしだいに減少する。また Fig. 4 は、スギについて φ_A による目違いの凹凸の高さの変化の測定結果であって (順目切削), 目違いも φ_A に対して最大値を有し $\varphi_A=30^\circ$ で最も著しい。また Fig. 5 は、アカマツおよびウラジロモミの同一 100 枚の供試材の木表・木裏両面について目違いの発生頻度を送り量別に比較した結果で、いずれの送り量においても木裏面の発生頻度が高く、とくに春秋材の硬度差の顕著なウラジロモミではその差異が著しい。

2) 切削角および切込量 鉋刃先の切込量および刃先角と逃げ角の和として表わされる切削角 (θ) は、被削性に影響する最も重要な因子であって、プレーナ切削では、カッターヘッドの直径一定なるとき、切込量は送り量 (f) と切削深さ (d) の両因子から決められる。Fig. 6 はスギについて θ , f , d の 3 因子が逆目ぼれ、目違いおよび毛羽立ちの発生頻度におよぼす影響を測定した結果であって、 θ の大

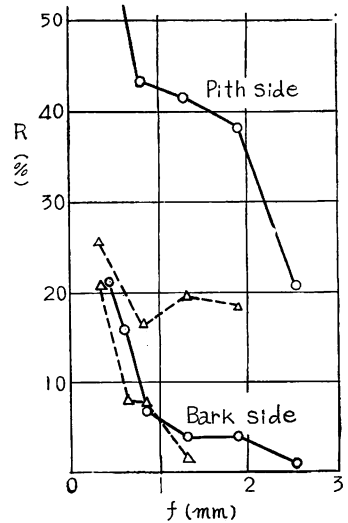
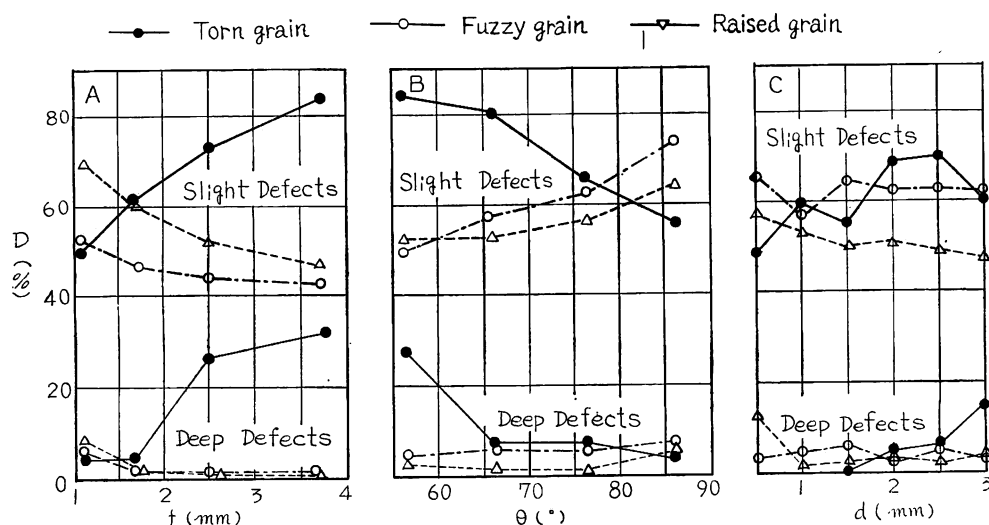


Fig. 5 木表面と木裏面における目違い発生頻度 (R) の比較
Comparison of frequency of occurrence of raised grain (R) between pith and bark side at various pitches of knife-cut (f).

Materials; Fine line
...URAJIROMOMI,
dotted line...AKAMATSU.

Fig. 6 f , θ , d が欠点の発生頻度 (D) におよぼす影響Effect of f , θ and d on percentage of defective piece (D).

f ; Pitch of knife-cut (mm), θ ; Cutting angle, d ; Depth of cut, Material: SUGI,
Fixed factor; $\theta=56^\circ$ $d=1$ mm in A, $f=3.7$ mm $d=1$ mm in B, $f=1.7$ mm $\theta=56^\circ$ in C.

なるにしたがい逆目ぼれは減少し、目違いおよび毛羽立ちは増加する。また、 f の大なるにしたがい逆目ぼれは増加し、目違いおよび毛羽立ちは減少する。 d は f とほぼ同傾向であるが、常用切削条件の範囲では f に比べその影響が少ない。これはプレーナの平均切込量が f には比例するが、 d にはその平方根に比例するにすぎないためと考えられる。

しかし一方、 d が深くなれば刃先の切削方向に対する繊維傾斜角も増加するため、 f , d の両因子が切込量の構成要素として同一比重で逆目ぼれに影響するかどうかには問題がある。そこでスギおよびミズナラについて f , d の組合せを変化せしめて同一試験材を切削して逆目ぼれの深さを測定し (Table 4), 平均切込量との関係に換算すると、Fig. 7 のように両樹種とも d を一定として f を変化せしめた場合は逆目ぼれの深さの変化が著しく、 f を一定として d を変化せしめた場合は、上記と同一切込量の範囲内においても逆目ぼれの変化が少ない。この結果から、逆目ぼれの発生に関係する主要因子は切込量の構成

Table 4. 切削深さ (d), 1 刃あたり送り量 (f) が逆目ぼれの深さにおよぼす影響Effect of depth of cut (d), pitch of knife cut (f) on the depth of torn or chipped grain.

Fixed factors	A					B			
	$f=2.8$ mm $\theta=56^\circ$					$d=2$ mm $\theta=56^\circ$			
	d (mm)					f (mm)			
	0.5	1.0	2.0	3.0	5.0	0.7	1.3	2.8	4.1
Materials									
SUGI	10~13	10~15	9~17	13~18	10~18	5~7	6~8	10~17	16~25
MIZUNARA	13~18	12~18	13~19	13~21	15~20	0	1	13~15	15~23

 $\varphi_A: 5\sim 8^\circ$ (SUGI), $20\sim 25^\circ$ (MIZUNARA)

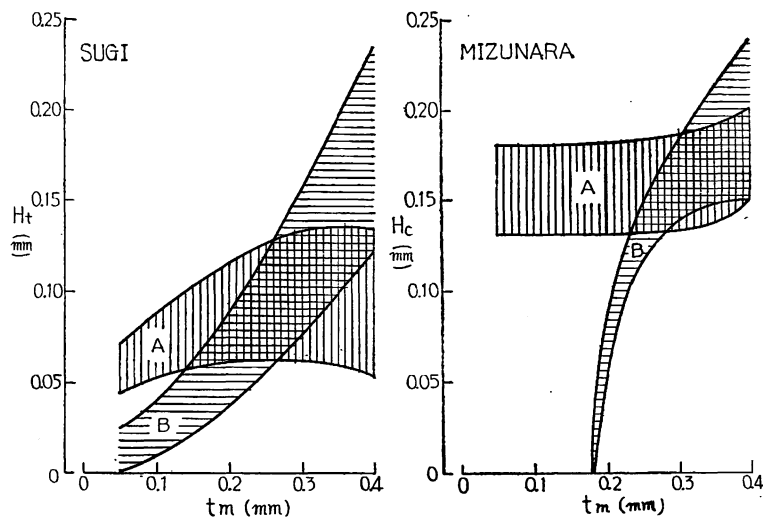


Fig. 7 平均切込量 (t_m) と逆目ぼれの深さ (H) の関係
 Relation between average thickness of chip cut (t_m) and depth of torn grain (H_t) or chipped grain (H_c).

A.....Variable factor $d=0.5\sim5.0\text{mm}$, fixed factor $f=2.8\text{mm}$, $\theta=56^\circ$.

B.....Variable factor $f=0.7\sim4.1\text{mm}$, fixed factor $d=2\text{mm}$, $\theta=56^\circ$.

要素のうちの f であり、 d の影響は少ない。すなわち、具体的には逆目ぼれは送り速度を速くすれば著しく深くなるが、切削深さを増してもその影響は少ない。

3) チップブレーカ チップブレーカがスーパーフェーサーその他平削りの逆目ぼれ防止に効果的であることは一般にもよく知られているが、その基礎的なセッティング条件やブレーナ切削についての資料は乏しい¹⁰⁾。

平削りについて簡単な実験を行なった結果では、Fig. 8 において逆目ぼれ防止に関与するチップブレーカの主要因子は、その双先角 (β') と切削角 (θ) の和 (θ')、切込量に対するチップブレーカの刃先と鉋刃先との距離 (l/t) およびその掬い面の形状であり、 θ' と l/t の小なるときは Photo. 25(A), (B) のように切り屑の曲げ変形が不十分で先割れが発生し、過大なときは同 (D) のように切り屑の排出不良をきたし、刃先はびびりを起こし切削面は著しく損傷される。結局その中間に同 (C) のように切り屑を十分曲げ変形して先割れ発生の余地をなくし、しかも切り屑の排出を妨げない適正条件が存在する。モミの気乾材繊維傾斜角 $15\sim17^\circ$ については、掬い面が平坦なチップブレーカでは Fig. 9 のように $\theta'=90^\circ$ 、 $l/t=0.5\sim1$ が適正条件である。

しかし、ブレーナ切削では、切込量が1回の切削中に零から平均切込量の2倍にまで変化するため、 l の

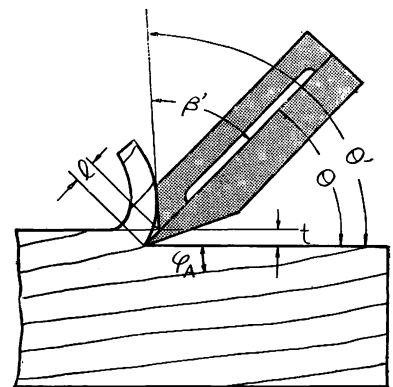
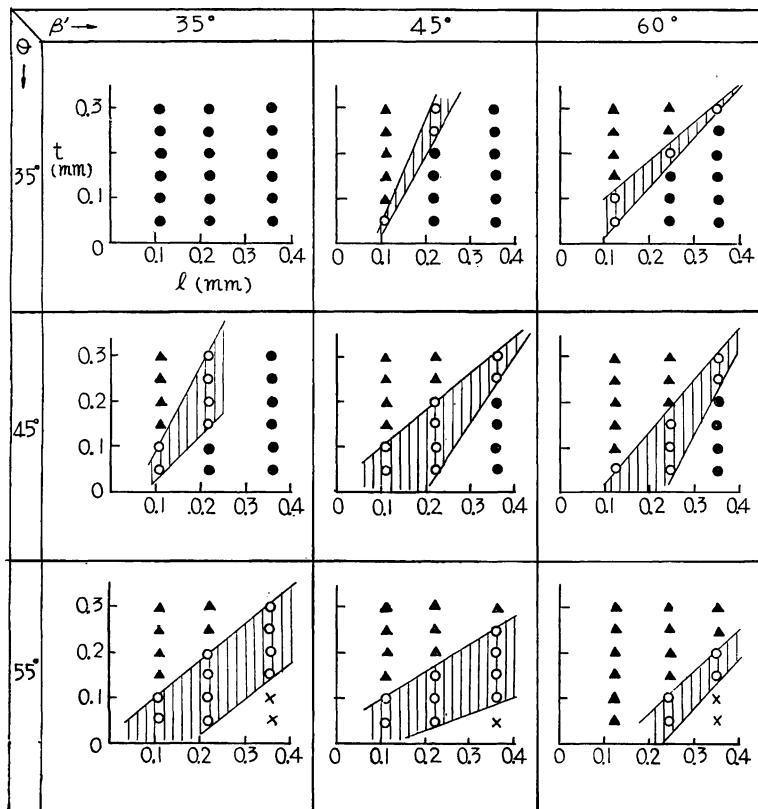
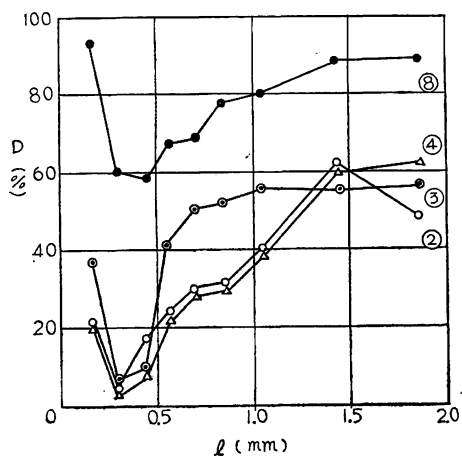


Fig. 8 チップブレーカの諸因子
 Factors of chipbreaker set on knife.



- : 良好な切削面 Good surface.
 ● : 逆目ぼれの発生した切削面 Surface with torn grain.
 ▲ : 切屑で損傷された切削面 Surface damaged by wood-chip.
 × : 毛羽だった切削面 Surface with projecting fiber. Material; HARIMOMI ($\varphi_A = 15 \sim 17^\circ$).

Fig. 9 チップブレーカが切削面におよぼす影響
 Effect of chipbreaker on the surface of wood cut.



l : 鉋刃先とチップブレーカ先端の距離
 Distance between knife edge and edge of chip breaker.

Fixed factor ; $f = 2.8$ mm, $\theta = 5.6^\circ$. $d = 1$ mm

Material ; ② MAKANBA, ③ BUNA,
 ④ YACHIDAMO,
 ⑧ URAJIROMOMI

Fig. 10 l が欠点率 (D) におよぼす影響
 Effect of l on percentage of defective piece (D).

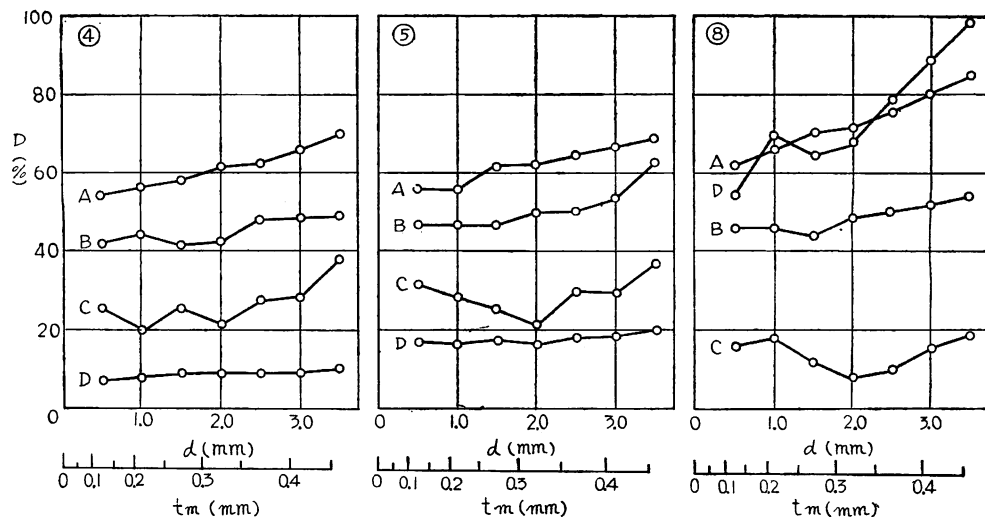


Fig. 11 l, d が欠点率 (D) におよぼす影響
Effect of d on percentage of defective piece (D) at various l .
A..... $l=1.75$ mm, B..... $l=0.70$ mm, C..... $l=0.45$ mm, D..... $l=0.30$ mm
Materials; ④ YACHIDAMO, ⑤ SHINANOKI, ⑧ URAJIROMOMI
Fixed factor; $\theta=56^\circ$, $f=2.8$ mm

セッティング条件が明らかでない。そこで $\theta'=90^\circ$ に一定とし、 l を変化せしめて欠点率を測定し、 l の適正条件を見いだそうとした。その結果を Fig. 10~12 に示す。

Fig. 10 は、 $d=1$ mm, $f=2.8$ mm (平均切込量では 0.23 mm) に一定とした場合であって、 l が 1.5 mm 以上ではチップブレーカの効果はあらわれないが、それ以下では逆目ばれの発生頻度は減少し、効果が明らかである。しかし、 l を限度以下に小さくすると切削面は Photo. 22 のように切屑排出不良のため著しく損傷される。この限度は、ウラジロモミでは約 0.45 mm, ヤチダモ, カバ, プナではいずれも 0.3 mm である。

Fig. 11~12 は、さらに d および f を変化せしめた場合であるが、 d, f のいずれの条件下においても、 l は上記同様のセッティング条件が適正であることを示している。

3.3 樹種・切削条件と無欠点率の関係 Fig. 6 の結果が示すように、逆目ばれ、毛羽立ちおよび目違いは、 f, θ あるいは d に対し互いに相反する傾向を有するため、各因子といずれの欠点も発生しない

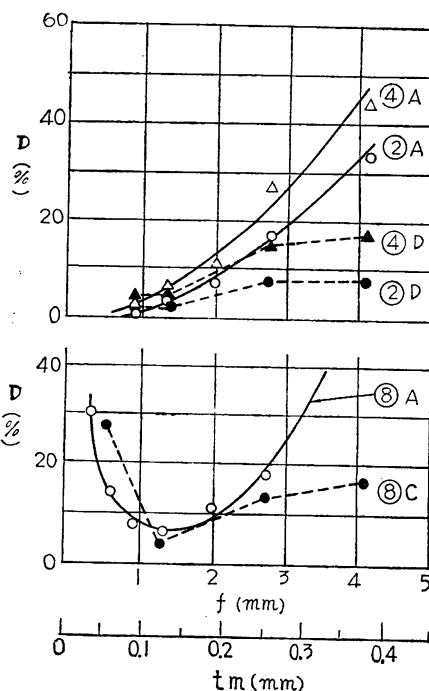


Fig. 12 l, f が欠点率におよぼす影響
Effect of f on percentage of defective piece (D) at various l .
A..... $l=1.75$ mm, C..... $l=0.45$ mm
D..... $l=0.30$ mm
Materials; ③ MAKANBA, ④ YACHIDAMO, ⑧ URAJIROMOMI
Fixed factor; $\theta=56^\circ$, $d=1$ mm

Table 5. 切削深さ (d) と無欠点率の関係
Relation between depth of cut (d) and percentage of defect-free pieces.

d (mm) 樹種 Species	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
URAJIROMOMI	25	33	32	33	30	26	22
AKAMATSU	77	72	75	69	65	62	58
YACHIDAMO	37	37	34	29	31	28	25
MIZUNARA	73	72	66	66	61	60	54
MAKANBA	85	84	80	73	67	64	59

Fixed factors : $\theta=56^\circ$, $f=2$ mm

Table 6. 1 刃あたり送り量 (f), 切削角 (θ) と無欠点率の関係
Relation between pitch of knife cut (f), cutting angle of knife (θ) and percentage of defect-free pieces.

Variable factor Material	f (mm)							θ ($^\circ$)			
	0.4	0.7	0.9	1.3	2.0	2.8	4.1	56	66	76	86
SUGI	34	36	42	41	40	32	24	26	32	31	26
URAJIROMOMI	13	18	28	29	28	20	12	23	13	7	1
AKAMATSU	69	68	73	80	78	77	53	67	63	45	13
DORONOKI	7	8	9	10	15	13	5	16	9	3	1
SHINANOKI	20	33	30	39	40	34	18	41	41	21	9
YACHIDAMO	50	50	49	49	33	32	8	32	61	61	24
BUNA	69	69	67	66	56	43	17	55	66	72	62
MAKANBA	90	91	90	86	76	66	40	72	78	85	76
MIZUNARA	84	85	83	82	84	72	45	50	68	81	71
AKAGASHI	97	80	44	34	20	10	8	19	20	26	46

Fixed factors : $\theta=56^\circ$, Depth of cut $d=1$ mm Fixed factors : $f=2$ mm, $d=1$ mm

Table 7. 1 刃あたり送り量 (f), 切削角 (θ) と欠点率の関係
Relation between pitch of knife-cut (f), cutting angle of knife (θ) and percentage of serious defective pieces.

Variable factor Material	f (mm)							θ ($^\circ$)			
	0.4	0.7	0.9	1.3	2.0	2.8	4.1	56	66	76	86
SUGI	0	0	0	1	2	15	31	15	12	7	16
URAJIROMOMI	31	15	8	7	12	9	46	7	10	13	36
AKAMATSU	0	0	0	0	2	4	26	2	3	4	12
DORONOKI	19	10	5	6	7	9	30	10	64	80	93
SHINANOKI	0	0	2	3	4	18	33	4	7	24	47
YACHIDAMO	0	0	3	7	11	27	44	12	10	7	5
BUNA	0	0	2	1	10	19	50	8	7	3	2
MAKANBA	0	0	1	4	8	17	34	10	9	5	3
MIZUNARA	0	0	0	0	2	8	16	10	9	3	3
AKAGASHI	0	0	2	10	32	48	64	34	31	17	5

Fixed factors : $\theta=56^\circ$, $d=1$ mm

Fixed factors $f=2$ mm, $d=1$ mm

良好な切削面の得られる百分率, すなわち無欠点率との関係線は max. curve を, 逆に欠点率とは min. curve を描き, その関係線には樹種特性があらわれ, その樹種についての適正条件が存在するはずである。この関係を知るため供試 9 樹種について, θ , f , d の 3 因子と無欠点率あるいは欠点率の関係を測定し, Table 5~7 に示した。

同表の結果が示すように, θ , f に比し d の影響は比較的少なく, $d=0.5\sim3.5$ mm の変化に対し各樹種における無欠点率の変化は 15~25% 程度にすぎない。一般に d の小なるほど無欠点率は増加するが, 1 mm 以下ではほとんど増加せず, とくにウラジロモミでは 1 mm 以下では反って低下している。

f , θ の無欠点率 (欠点率) におよぼす影響には, 樹種特性が顕著にあらわれる。Table 6 から, 樹種別に両因子の影響を考察すれば次のとおりである。

1) スギ, ウラジロモミ, アカマツ スギでは供試材が小径の造林木から木取りされ多数の小節を含むため, 節の周囲の逆目ぼれ (Photo. 23) が発生しやすい。この種の逆目ぼれは, θ を大, f を小ならしめることにより減少するが (Photo. 24), 過度に小さくすると目違いや毛羽立ちが発生する。無欠点率は $f=1.5$ mm, $\theta=65\sim75^\circ$ で最高 30~40% である。

ウラジロモミは, スギに比し一層目違いおよび毛羽立ちが発生しやすく, 逆目ぼれも著しいため, 面仕上げが困難であり, 無欠点率は $f=1.5$ mm, $\theta=56^\circ$ で最大値が 20~30% にすぎない。

アカマツは, 供試材が大径の優良木から採材され, しかも目違いや毛羽立ちの発生も比較的少なく, 良好な仕上げ面を示す。無欠点率は $f=1.5$ mm, $\theta=56^\circ$ で約 80% である。

2) アカガシ 供試材には Fig. 3 のように繊維走向のねじれが著しく, 柃目面では広放射組織があらわれるため, 逆目ぼれの発生が特に著しい。しかし, 毛羽立ちや目違いはほとんど発生しないため, 他樹種と異なり無欠点率は実験条件の範囲内では, 最大値を示さず, f が小, θ が大なるにしたがい一方的に増加する。たとえば無欠点率は $f=4.1$ mm では 8% にすぎないが, 0.4 mm では著しく増加し 97% に達する。

3) マカンバ, ブナ, ミズナラ, ヤチダモ f が大, θ の小なる範囲では逆目ぼれが, また f が小, θ が過大になると毛羽立ちが発生するため, $f=1$ mm, $\theta=70\sim80^\circ$ に無欠点率の最大値を有し, マカンバ, ブナ, ミズナラでは 70~80%, ヤチダモは低く 50~65% である。

4) シナノキ ヤチダモより一層毛羽立ちが発生しやすく, $f=1.5$ mm, $\theta=60\sim65^\circ$ で無欠点率は最高 40% 前後である。

5) ドロノキ 面仕上げのきわめて困難な樹種に属し, 刃先切れ味低下が速やかであり, またこのため毛羽立ちをともなった春秋材の凹凸が顕著に発生する。 $f=2$ mm, $\theta=56^\circ$ において無欠点率は最高 15% にすぎない。

つぎに Table 7 の欠点率 (著しい欠点の発生せる切削面の百分率) について f , θ の影響をみると, f に対しては, ドロノキ, ウラジロモミでは 1 mm 以下, またアカガシでは 2 mm 以上でとくに欠点率が高く, 他の樹種では 2 mm 以下では, ほぼ 10% 以下である。 θ に対しては, ドロノキ, ウラジロモミ, シナノキでは 56° から増加するにしたがい, またアカガシでは 86° から減少するにしたがい欠点率の増加が顕著であるが, 他の樹種では $56\sim86^\circ$ において欠点率の変化は比較的少ない。

4. あ と が き

プレーナの切削面に発生する欠点の種類、形態、切削条件の影響などについて調べつぎの結果をえた。

1) 切削面に発生する欠点のうち、刃物の切削作用により誘起される材質的欠点は、逆目ぼれ、毛羽立ち、目違いおよび目離れの4種であり、逆目ぼれおよび毛羽立ちはその発生形態によりさらに2～3種に類別しうる。4種欠点のうち、逆目ぼれは繊維傾斜角 $30\sim 50^\circ$ の逆目切削で最も著しく、毛羽立ちは、順目切削で発生しやすい。目違いは春秋材の硬度差の顕著な木裏面の順目切削（繊維傾斜角 30° 付近）で著しい。目離れはその発生がまれである。

2) 切削角(θ)および切込量は、欠点発生を主要影響因子であるが、切込量の構成要素としての切削深さ(d)は1刃あたり送り量(f)に比しそのおよぼす影響が少ない。

3) 回転削りにおいてもチップブレーカは逆目ぼれ防止の効果があり、チップブレーカの掬い面を切削面に対して 90° としたとき、その刃先と鉋刃先の距離は $0.3\sim 0.45\text{ mm}$ が適切であり、この範囲内で軟材は大きく、硬材は小さくすれば効果的である。実用に際しては、この場合の切削抵抗の増加を考慮しておかねばならない。

4) 一定切削条件で材質的ムラを含む多数の挽板を切削し、そのなかに欠点の全く発生していない良仕上げ面が幾枚得られたかの百分率をもってその樹種の無欠点率とするならば、この無欠点率から供試樹種の該当切削条件における仕上げ品質を総合的に評価しうる。もちろん、この無欠点率は供試材の選択範囲に著しくその結果が左右されるため、本実験結果から供試樹種の被削性(面仕上げの難易)、あるいは適正切削条件についての結論を見いだすことは早急であるが、切削面の仕上げ品質が同一樹種においても切削条件により著しく左右され、しかもその切削条件の影響に樹種特性が現われることは明らかであり、本実験条件の範囲内においては、つぎのことをいいうる。すなわち、カッターヘッドの直径 127 mm のプレーナの面仕上げにおける切削条件の概略の選定範囲は $d=1\sim 2\text{ mm}$, $f=1\sim 2\text{ mm}$, $\theta=55\sim 85^\circ$ であって、供試9樹種のうちドロノキおよびウラジロモミは面仕上げの困難な樹種に属し、毛羽立ちおよび目違いの発生頻度が高く、上記範囲内において d , f を大きく、 θ を小ならしめる。これに対し繊維走向のねじれの多いアカガシでは逆目ぼれの発生が著しく、 d , f を小、 θ を大ならしめる。また、マカンバ、ブナ、ミズナラなど広葉樹中硬材では $f=1\text{ mm}$, $\theta=70\sim 80^\circ$ 、針葉樹およびシナノキなど軟材では $f=1.5\text{ mm}$, $\theta=55\sim 65^\circ$ がほぼ適正条件と判断される。

5) 鉋刃の縁取り研削を実施することにより、 75 m/min の高速送りによる切削実験が可能であるが、 $f=2.8\text{ mm}$ すなわち 50 m/min 以上の送り速度では逆目ぼれの発生が著しく、特定条件の場合を除いては粗削り作業を行ないうる程度である(刃数4, 回転数 $4,500\text{ r.p.m.}$)。

文 献

- 1) 森 稔・星 通：プレーナによる木材の面仕上げ(I) 切削面のアラサについて、林試研報, 119, (1960)
- 2) RAISED, LOOSEND, TORN, CHIPPED and FUZZY GRAIN in Lumber. Dept. Agri. U.S.A., Report 2044, (1955)
- 3) DAVIS, E.M. and H. NELSON: Machining Tests of Wood with Moulder, F.P.J., 4, 5, (1954)
- 4) DAVIS, E.M.: Machining and Related Characteristics of Southern Hardwood, Dept.

- Agri. U.S.A. Tech. Bull., 824, (1924)
- 5) DAVIS, E.M. : Machining Ponderosa Pine and Douglas-Fir, F.P.J. 10, 1, (1960)
- 6) LOGAN, H.A. and D.C. BRICE : Surfacing of the Western Pines and Associated Wood, F.P.J., 5, 5, (1955)
- 7) DAVIS, E.M. and D.G. FAUSTINS : Machining Properties of Eight Philippine Hardwoods, the Wood Worker, 76, 9, (1957)
- 8) FRANZ, N.C. : An Analysis of Chip Formation in Wood Machining, F.P.J., 5, 5, (1955)
- 9) KOCH, P. : An Analysis of the Lumber Planing Process (I), F.P.J., 5, 4, (1955), (II) F.P.P., 6, 10, (1956)
- 10) 田中義信・津和秀夫 : 木材の切削に関する研究 (第3報) 2枚鉋による逆目切削について, 精密機械, 16, 6, (1950)
- 11) 谷 茂 : 切削性能より見たチップブレーカの在り方について (1) (2), 機械と工具, 1, 4~6, (1957)

図 版 説 明 (Explanation of Plate)

- Photo. 1~2 軽度および著しい逆目ほれ (スギ)
Slight and serious degree of torn grain (*Cryptomeria japonica*)
- Photo. 3~4 軽度および著しいチップ状の逆目ほれ (ヤチダモ)
Slight and serious degree of chipped grain (*Fraxinus mandshurica*).
- Photo. 5 軽度のチップ状の逆目ほれ (シナノキ)
Slight degree of chipped grain (*Tilia japonica*).
- Photo. 6 広放射組織の逆目ほれ (ブナ)
Torn grain due to broad-ray (*Fagus crenata*).
- Photo. 7 毛羽立ちようの逆目ほれ (スギ)
Fuzzy torn grain (*Cryptomeria japonica*).
- Photo. 8 ナイフマーク半面の粗面 (ウラジロモミ)
Roughness on the half face of knife marks (*Abies homolepis*).
- Photo. 9~10 綿毛状毛羽立ち (スギおよびシナノキ)
Woolly grain (*Cryptomeria japonica* and *Tilia japonica*).
- Photo. 11~12 ササクレ状毛羽立ち (ミズナラ)
Fuzzy grain (*Quercus mongolica*).
- Photo. 13 木裏面の目違い (スギ)
Raised grain on the face of pith side (*Cryptomeria japonica*).
- Photo. 14 同上木表面
Bark side of the same lumber as the above.
- Photo. 15 目違いの木口断面顕微鏡写真 (スギ)
Micro-photograph of cross section of torn grain on the pith side (*Cryptomeria japonica*).
- Photo. 16 同上木裏面
Bark side of the same as the above.
- Photo. 17 著しい目違い (ウラジロモミ)
Serious degree of raised grain (*Abies homolepis*).
- Photo. 18 毛羽立ちをともなった面の凹凸 (ドロノキ)
Corrugated rough surface with fuzzy grain (*Populus Maximowiczii*).
- Photo. 19 目離れ (スギ)
Loosend grain (*Cryptomeria japonica*).

- Photo. 20~21 チップマーク (スギおよびシナノキ)
Chip mark (*Cryptomeria japonica* and *Tilia japonica*).
- Photo. 22 チップによる破壊面 (ウラジロモミ)
Surface damaged by wood-chip (*Abies homolepsis*).
- Photo. 23 節を有する切削面 (スギ)
Non-defective cut-surface surroundings of knot (*Cryptomeria japonica*).
- Photo. 24 節の周囲の逆目ぼれ (スギ)
Torn grain surroundings of knot (*Cryptomeria japonica*).
- Photo. 25 チップブレーカが切屑形成におよぼす影響 (ハリモミ)
Effect of chipbreaker on the formation of wood-chip (*Picea polita*).

**Studies on Surfacing of Wood with Planer (II).
Effect of cutting factors on the surface quality of finish.**

Minoru MORI and Tôru HOSHI

(Résumé)

Torn or chipped grain, fuzzy grain and raised grain are the common types of defects that appear on surface of lumber cut with planer, and they are the frequent sources of degrade loss in manufacturing lumber. The purpose of this report is to record the appearance of these defects on some principal wood of our country, and at the same time to find out the effect of machining factors in planing on the surface quality.

General Method

Test material consisted of 100~600 rough lumbers of three kinds of soft-woods and six kinds of hard-woods as presented in Table 1. After being dried and pre-planed, these lumbers were cut into pieces about 10 cm wide by 50 cm long, and then they were divided into 1~6 groups at every species so that each group might have an equal number of the piece and furthermore be similar in range of specific gravity and width of annual rings of the board included (Fig. 2~3).

The machine used in cutting tests was a 600 mm single surface planer with a 127 mm diameter 4-Knife cutterhead, and the tests were carried out under various combinations of machining factors such as pitch of knife cut (f), depth of cut (d), cutting angle between the knife face and the surface cut (θ) and distance between the point of the chipbreaker set on a knife and the knife edge (Fig. 1~1).

High-speed steel knives were used, and they were jointed in the head so as to get uniform sharpness in all cutting tests.

After cutting, the test pieces were examined for surface defects, and the percentages of defect-free pieces (Y) and defective pieces (D) were determined. And then, the effect of the variations of machining factors upon the surface quality was assessed by Y or $D^{(3)(7)}$.

Results obtained

- 1) Effect of φ_A : The degree of torn grain, chipped grain and raised grain are under control of grain direction of wood (φ_A) as shown in Table 3~4 and Fig. 4.
- 2) Effect of f , d and θ : f and θ are the most critical factors in planer operation. The

effect of these factors on frequency of occurrence of each surface defect is shown in Fig. 6.

3) Setting condition of the chipbreaker : A chipbreaker, called a jib, is effective in keeping torn grain from the surface of wood cut when it is set on the knife at the such condition as θ is 90° and l is 0.25 mm for hardwoods, θ is 90° and l is 0.4 mm for softwoods, regardless of f and d , as illustrated in Fig. 10~12 (θ' : Angle between the face of chipbreaker and the surface of wood cut, as shown in Fig. 1).

4) Machining characteristics of wood species : The effect of f and d on Y , D of the nine species are presented in Table 5~7, and the machining characteristics of these species relative to surface quality are summarized as follows :

i) SUGI (*Cryptomeria japonica*), URAJIROMOMI (*Abies homolepis*), AKAMATSU (*Pinus densiflora*) : SUGI and URAJIROMOMI are susceptible to both woolly grain and torn grain, and furthermore raised grain easily occur on the pith side. But AKAMATSU can be surfaced with relatively less trouble than the former two species.

ii) AKAGASHI (*Quercus acuta*) : The most prominent defect is chipped grain caused by both spiral grain and wide ray included in the wood, but the other defects seldom occur.

iii) MAKANBA (*Betula Maximowicziana*), MIZUNARA (*Quercus mongolica*), BUNA (*Fagus crenata*), YACHIDAMO (*Fraxinus mandshurica*) : The chief defect is chipped grain, but slight degree of fuzzy grain occur in range of smaller pitch of knife-cut and larger cutting angle.

iv) SHINANOKI (*Tilia japonica*) : The common defects are both chipped and fuzzy grain, and fuzzy surface is liable to develop in range of smaller pitch of knife-cut, larger cutting angle, and wider heel of knife-edge.

v) DORONOKI (*Populus Maximowiczii*) : Deep corrugation with serious fuzzy grain easily develop on the cut-surface, and this species is one of the hardest wood to produce a good finish.

— Plate 1 —



Photo. 2

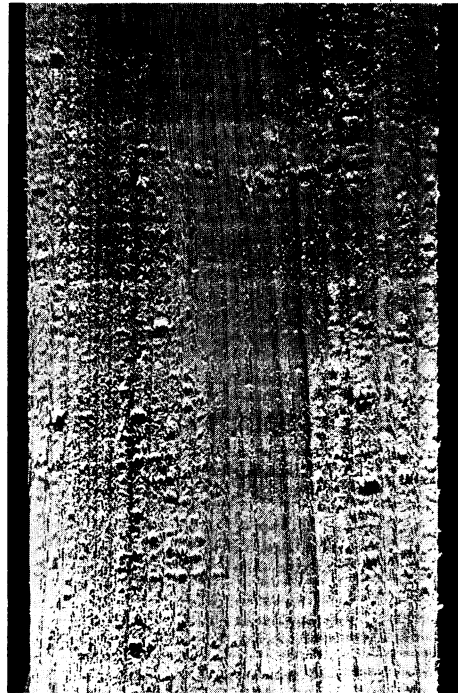


Photo. 4



Photo. 1



Photo. 3

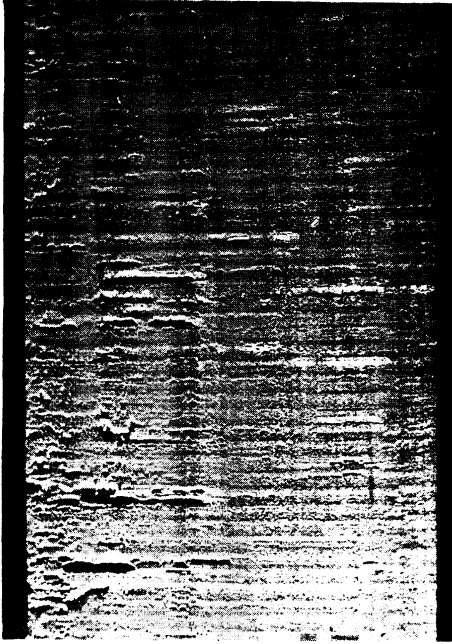


Photo. 6

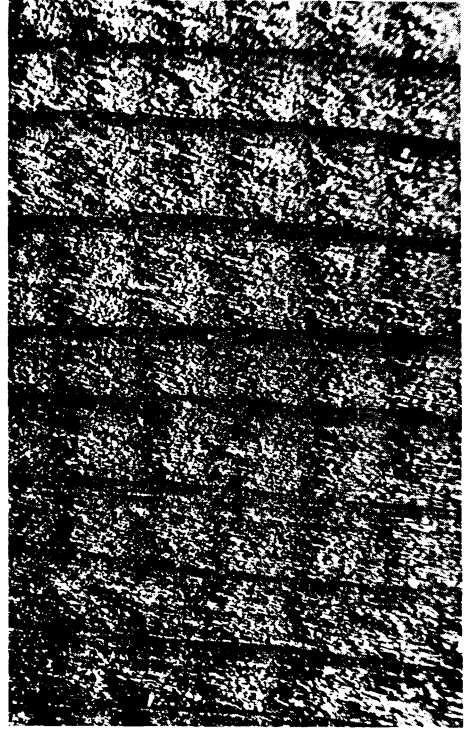


Photo. 8

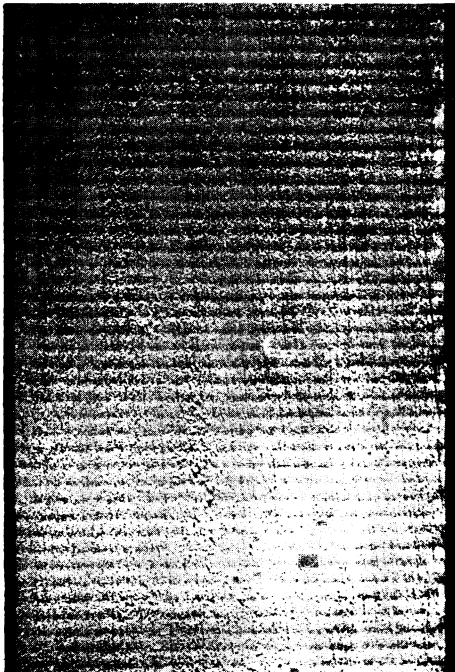


Photo. 5

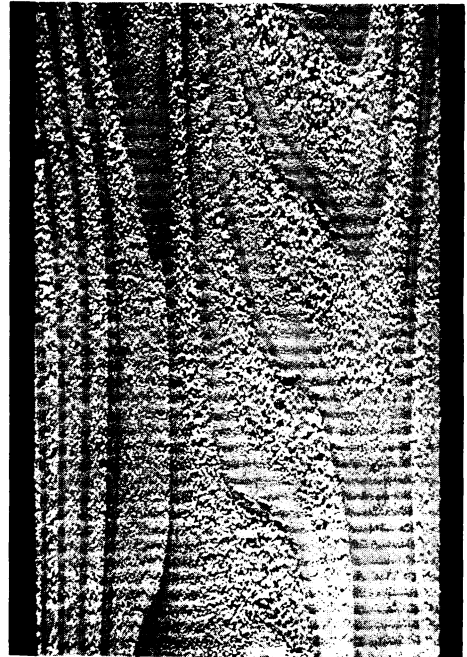


Photo. 7

— Plate 3 —

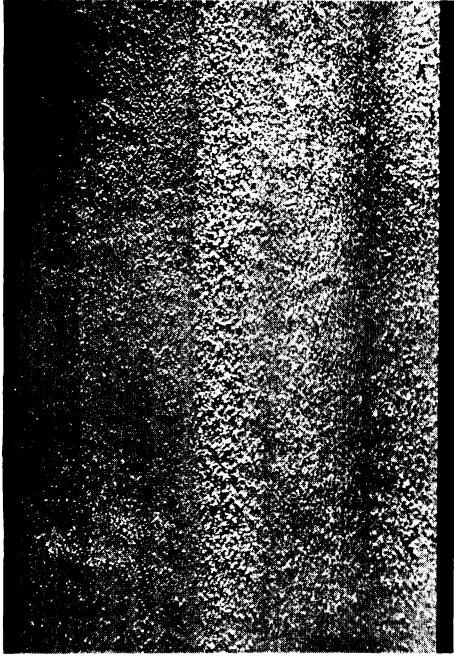


Photo. 10



Photo. 12

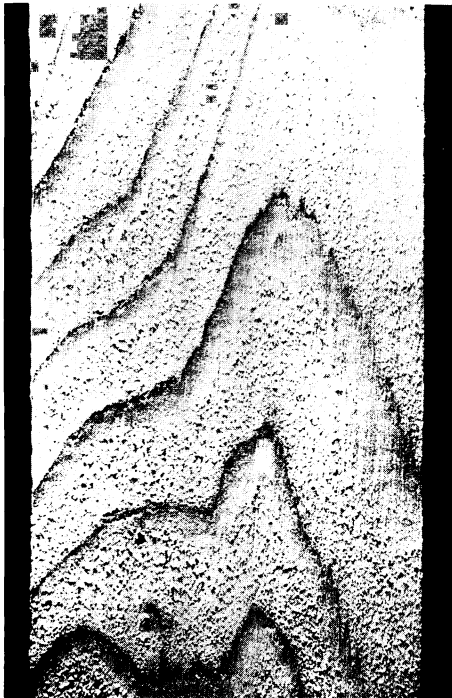


Photo. 9

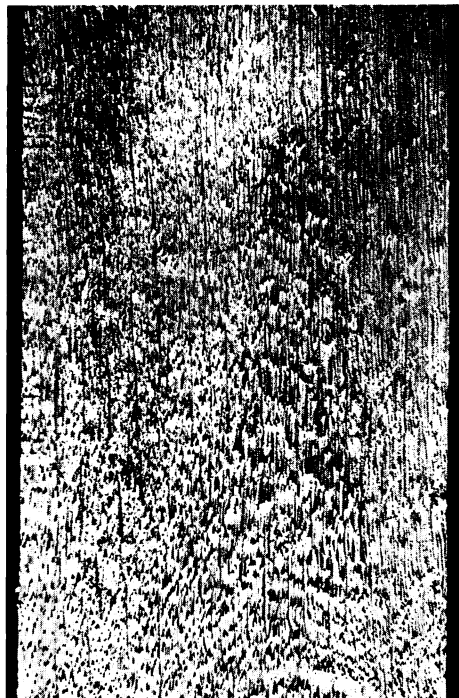


Photo. 11

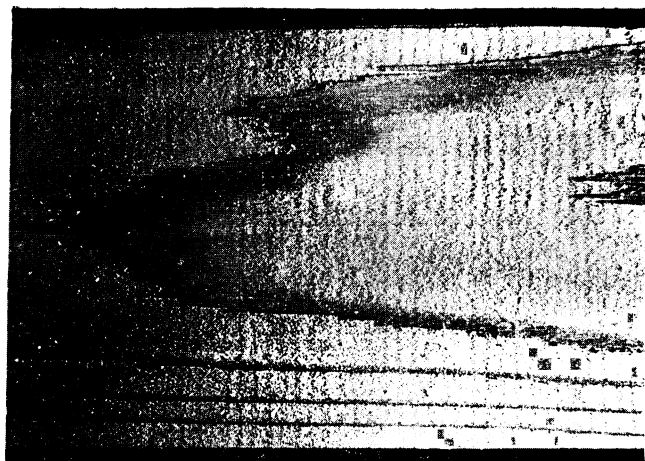


Photo. 13



Photo. 14

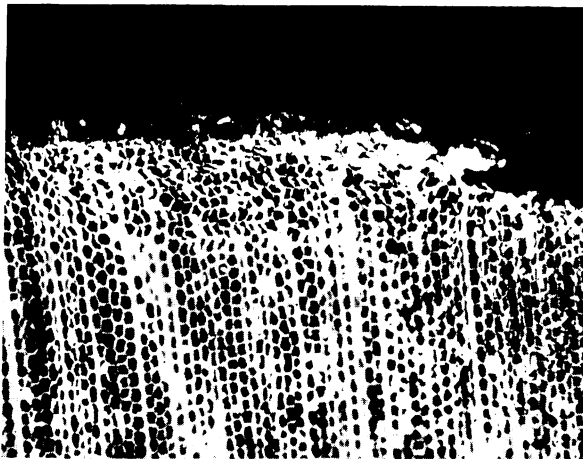


Photo. 15

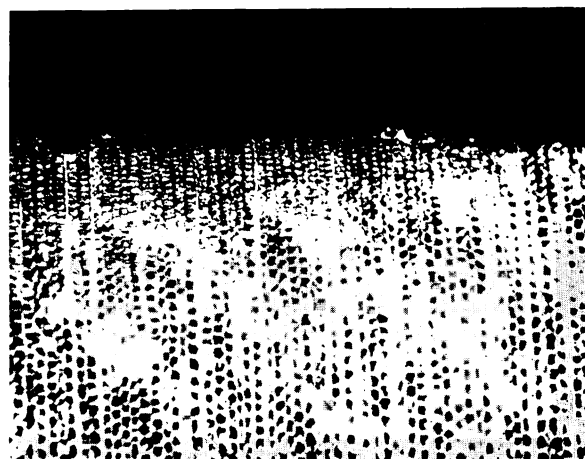


Photo. 16

— Plate 5 —

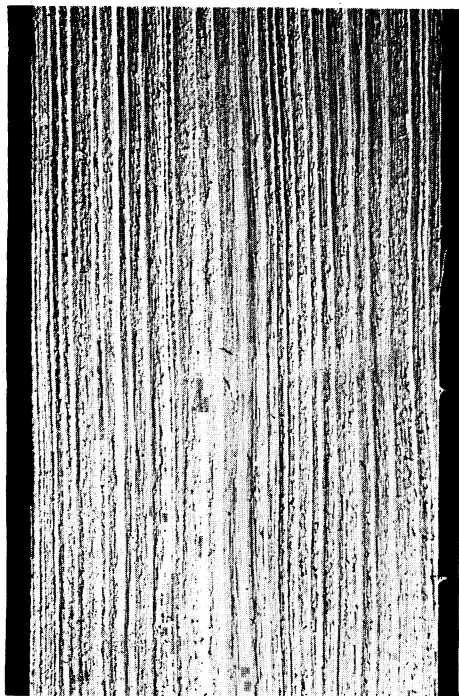


Photo. 18

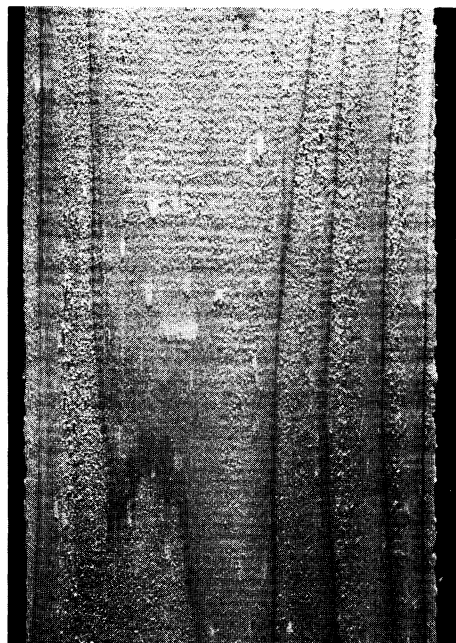


Photo. 20

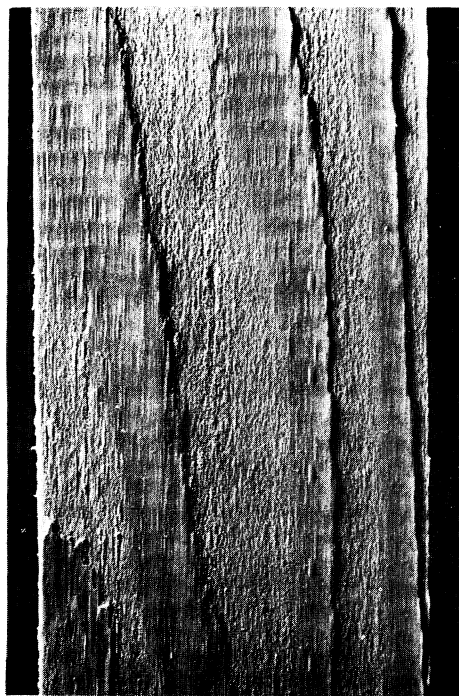


Photo. 17

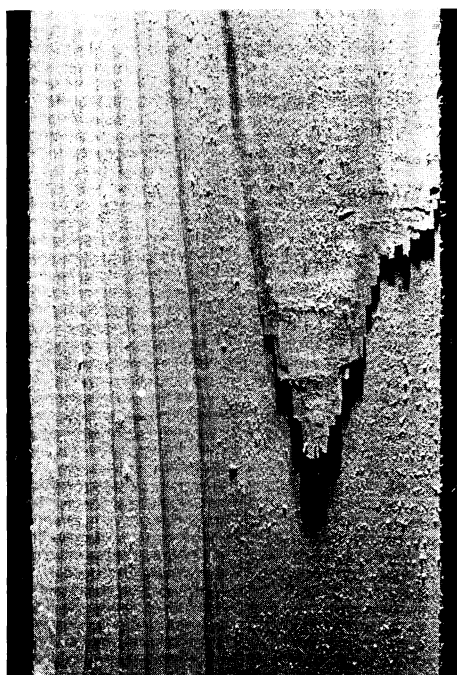


Photo. 19

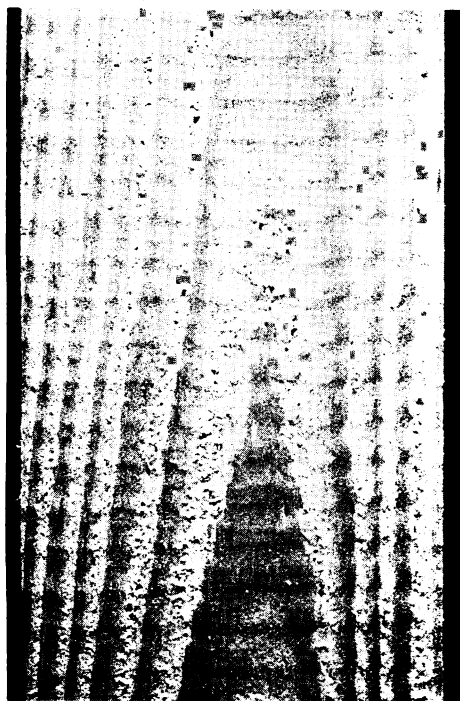


Photo. 22

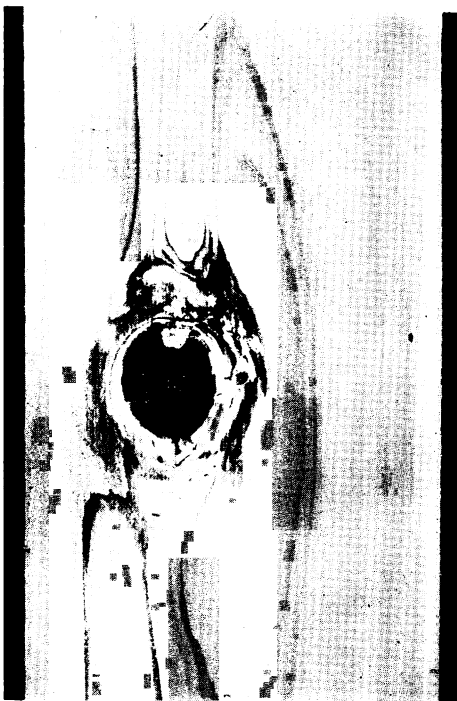


Photo. 24

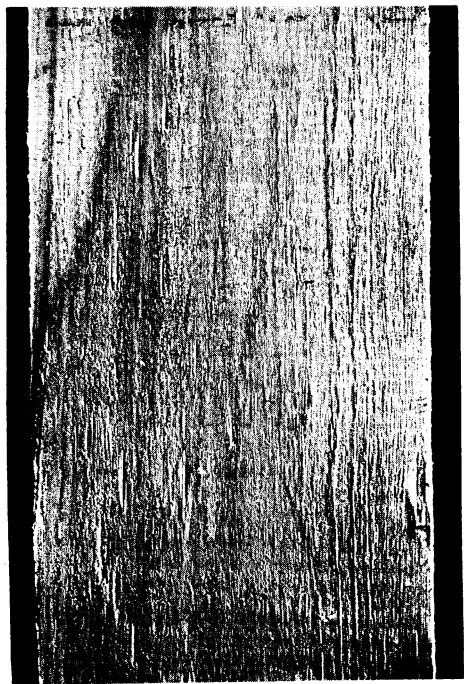


Photo. 21

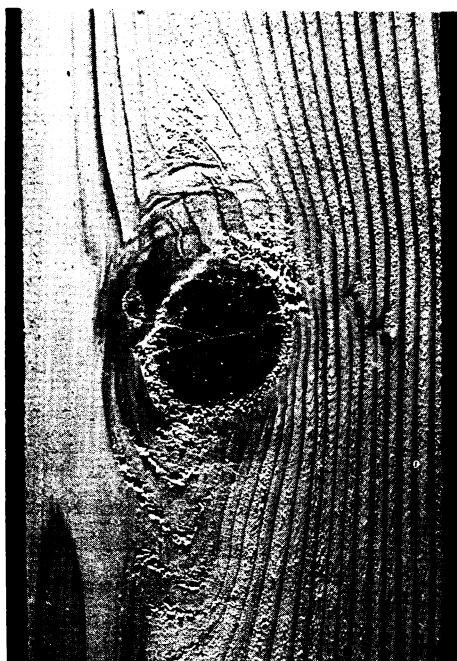


Photo. 23

— Plate 7 —



(B)



(D)



(A)



(C)