

- 研 究 -

## プレナー切削における超硬刃の実用試験

小 西 千代治 鎌 田 昭 吉  
鈴 木 藤 吉

### 1. まえがき

鉋刃の寿命向上をはかる最も有効な手段の1つとして、超硬合金のような硬度の高い材質の刃物の使用が考えられるが、その実用性を判定する上に、刃物の切削性能即ち耐摩耗性、有効切削材長、切削面のあらさおよび切削中に生ずる刃先のチッピング等を検討してみる必要がある。

そこで本試験では、床板の各種切削加工のうちのプレナーによる平削加工の場合をとりあげ、超硬刃についての現場的な切削摩耗試験を行った。同時に比較のため従来使用されている高速度鋼鉋刃についても検討した。超硬合金(タングステン・カーバイド)は金属の粉末を結合剤と混合して工具の形に成形し焼結して固めたものである。切削用として使用されている超硬合金には金属切削用としてS種、鋳鉄及び非金属切削用としてG種の2通りあるが、木材加工用としてはG種が利用されている。

超硬合金の特徴は耐久時間が長いことで、円鋸の場合、炭素工具鋼に比し20~50倍の寿命があると言われている。ただし硬さと靱性とは相反する性質のため、硬度の高いものを衝撃抵抗を伴うプレナーの切削工具として使用した場合、当然適当な靱性が必要であるが、鉋刃としての寿命は高速度鋼の数倍~数10倍におよぶものと評価されている。しかし乍らまだ新しい切削加工法であるために、その作業条件や性能についても種々の問題を残している。

### 2. 試験方法

プレナーを用いナラ・ブナ・ニレの各樹種を切削深さ1.0~2.0mm(平均1.5mm)、材の送り速度12.7m/min.、切削角68°、有効切削刃数1枚にて連続的に切削しその一定切削材長ごとに刃先摩耗プロフィール・刃先摩耗量・面あらさの3項目について測定すると共に、切削面の劣化の状態を絶えず肉眼観察して鉋刃の寿命限界点を求めた。

#### (1) 切削条件

##### ) 使用機械

ウロコ製作所製8インチ自動四面鉋盤にて、上部歯輪鉋胴により床板の表面切削を行った(5HP,回転数4,500 r.p.m.)。

##### ) 供試材

北海道産の床板主要樹種ミズナラ・ブナ・ニレの3種、含水率8~13%、厚さ20~21mm、幅87~92mm、長さ1m前後の人工乾燥された床板原板を用いた。この場合の原板は買材が主体で寸法には相当のバラツキがあった。

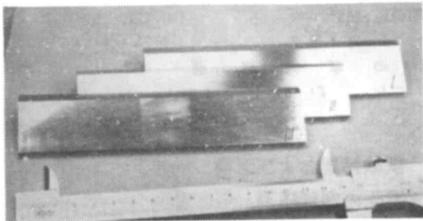
##### ) 供試鉋刃

超硬合金(JIS規格G1,地金にろう接したものでなく単体物)と高速度鋼第3種(SK H<sub>3</sub>,以下ハイスと称す)の2材種で、各々6枚1組の平削用素刃を使用した。形状、寸法は共に同一で長さ155mm・厚さ4.5mm・幅35mm前後の長方形、硬度は超硬-H<sub>R</sub>A90,SK H<sub>3</sub>-H<sub>R</sub>A83(H<sub>R</sub>Cに換算して63~64)

程度である。

） 刃先の研磨

刃先の研磨はW I G Oの油圧作動式の精密自動研磨盤，砥石回転数 2.840r.p.m.，送り速度 8m/min. にて各刃物の材質に適した砥石を使用した。超硬はダイヤモンド砥石（粒度 250#・結合剤 B・砥石径 125mm・テーパカップ型）にてまず刃角を 50° に研磨し，更に 5° の傾斜でにげ面より縁取り研磨して仕上げの刃角 55° とした。縁取り幅（Land）は 0.5 mm 以下になるようにした。ハイスはビトリファイド砥石（砥粒 WA・粒度 46#・結合度 J・組織 5・砥石径 180mm・カップ型）にて刃角 40°，50° の 2 通りに研磨し，50° のものについては，更に超硬と同様に刃先ににげ面に傾斜角 5° の縁取り研磨を施し刃角を 55° とし，それらを更に油砥石で刃先のまくれがおちるまで入念に手仕上げした。研磨した刃物



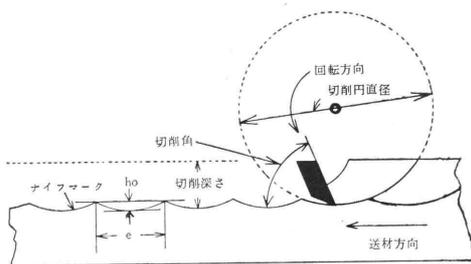
：高速度鋼第 3 種・刃角 40°（SKH<sub>3</sub>・40°）  
 ：高速度鋼第 3 種・刃角 55°（SKH<sub>3</sub>・55°）  
 ：超硬合金 G 種 1 号・刃角 55°（G1・55°）  
 第 1 図 供 試 鉋 刃

は供試するに先立って，刃先を拡大検査して刃先線の最大凹凸を 2/120mm 以内に抑え，各刃物の研磨精度がなるべく一様になるように努めた（第 8 図参照）。

なお予め超硬に適合した刃角を見出すための予備的な切削試験を行った結果，超硬刃の実用的刃角範囲は 50~60° 程度であると思われる。45° 以下の場合には刃先に大きな欠け（チッピング）が発生した。

） 鉋刃の取付け

銀刃は上部横軸鉋胴（丸胴 6 枚刃・直径 148mm）



第 2 図 切 削 の 機 構

仕込角 68°) に 6 枚のうち 1 枚だけを刃先の出 1.0mm にセッティングし，他の 5 枚は回転のバランスを保つために刃出しせずにセットした。従って切削円直径は 150mm，切削速度は 2.120 m/min.，にげ角は刃角が 40° の場合は 28°，55° の場合は 13° となる。

(2) 測定方法

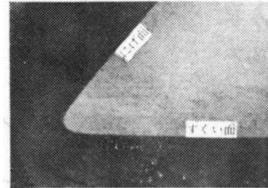
） 鉋刃の寿命

鉋刃の寿命限界の判定は超硬とハイスの寿命を比較するための一応の目安をうけるために，とりあえず次のような肉眼観察による切削面の良否を基準にして行った。逆目ぼれ・けが立ち・刃のかけによる条跡・切屑による傷跡・鉋やけなどの摩耗した鉋刃の切削作用によって誘発される諸欠点，肉眼できらかに認められる不良な切削面の生ずる割合が切削枚数の 50% を越える時点をもって鉋刃の寿命限界点とし，それまでの切削材長および正味切削時間をもって鉋刃の寿命とした。

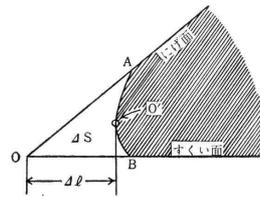
このような判定方法は多分に主観的で正確さを欠くうみはあるが，現場においては仕上げ面の状態によって刃物の寿命を判定しているから，実用的には妥当な方法であると考えられる。

） 摩耗刃先のプロフィールと摩耗量

一定刃先位置（実際に切屑を削り取る刃先境域の略中央）に軟化セルロイドを密着して，セルロイドが硬化したのちこれを刃先からはぎとり，その切片を 3 枚作成し，それらを投影器にて 120 倍に拡大して，そのプロフィールを記録した。



G1・55°  
 第 3 図 摩耗刃先の拡大像  
 （倍率 120 倍）



第 4 図 摩耗量の測定

これら 3 枚の摩耗刃先プロフィールカーブを夫々第 4 図のように解析して，磨耗量はそれらの平均値とし

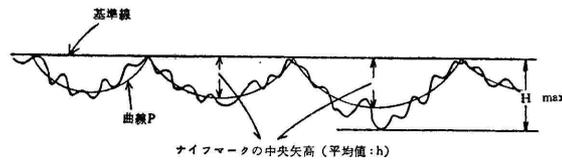
て求め、刃先後退長  
1および刃先摩擦断面  
面積  $S$ で表示した。

即ちすくい面から摩  
耗刃先曲線  $A B$ に切線  
を立て、その接点  $O'$   
を摩擦刃先の先端とみ  
なし、研磨刃先端  $O$ と  
摩擦刃先端  $O'$ の距離  
を  $l$ 、研磨刃面(に  
げ面とすくい面)と摩  
耗刃先曲線に囲まれた  
面積を  $S$ とした。

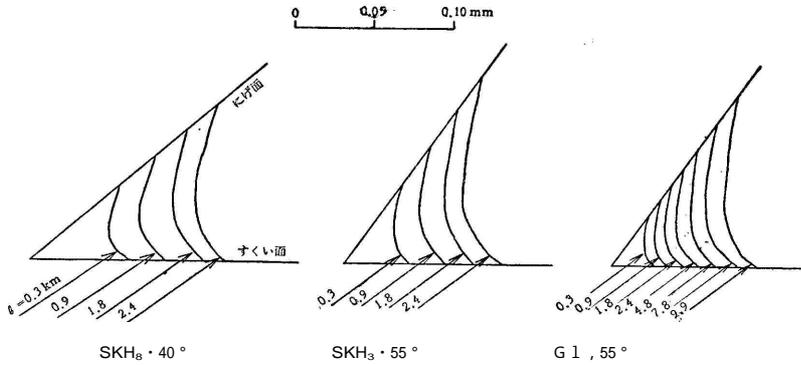
) 切削面のあ  
らさ  
一定切削材長ごとに、  
あらかじめ鉋削加工し  
たあらさ測定用試験片  
ニレ(巾 84 mm・厚  
さ 22 mm・長さ 1 m・  
含水率 8~13 %の人

工乾燥無欠点板目材)を切削に供して、切削面の舂材  
部に限って送材方向断面のプロファイルを触針式アラ  
サメーター(小坂研究所製  $S D - 5$  型・触針先端径約  
10  $\mu$ ・接触圧約 0.4g・測定速度 1.0 mm/min.・1  
回の測定長 15mm)により縦倍率約 500 倍・横倍率  
約 10 倍にて記録した。

あらさはこれらのプロファイルを第 5 図のように解析  
して、最大アラサ  
 $H_{max}$ と機械的アラ  
サ  $h$  の 2 種で  
表示した。即ちプ  
ロファイルの全長  
15 cm (切削面の  
実長 15 mm) にあ  
らわれる波の最大  
高さを最大アラサ  
 $H_{max}$ 、細かい波  
の中心を通る曲線  
 $P$ からあきらかに  
ナイフマークと認  
め得るものの中央  
矢高の平均値をも  
って機械的アラサ  
 $h$  とした。



第 5 図 切削面のプロファイルの一部



第 6 図 刃先の摩耗経過  
被削材:ニレ,  $l$ :切削材長 km

### 3. 試験結果および考察

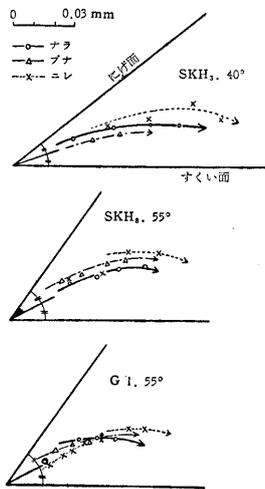
#### (1) 刃先の摩耗経過

刃先は切削材長が増すにつれて、摩耗鈍化してゆ  
くが、その経過の例を第 6 図に示した。これらの結果  
からは刃物の材質による刃先磨耗形態の相違は認めら  
れなかった。

次に摩擦刃先端  $O'$ の軌跡を第 7 図に示した。  
これらによると刃先の軌跡は刃物の材質・被削材種・  
刃先角の如何にかかわらず、どの刃物でも人体刃角の  
二等分線上を移行して、だんだんすくい面に近づいて  
行く。

このことは、刃先は最初のうちすくい面とにげ面  
から等量的に摩耗して、ある程度摩耗が進むと漸次  
にげ面からの摩耗が優勢になることを示している。その  
結果、刃物の寿命は超硬でもハイスでも最終的には  
にげ面磨耗によって支配されている。このように刃先  
磨耗の経過を刃の長さ方向に垂直な横断面のプロフィ  
ルで見た場合には、刃物による特別の相違点を見いだ  
すことは出来なかった。

しかし切削材長の増加にともなう摩耗刃先線の変  
化を比較的高い倍率で拡大観察した場合には、刃物材  
質の特徴が現われてくるようである。摩耗刃先端を刃  
の摩耗境域の略中央位置において、すくい面側から直  
角にかつ刃の長さ方向にそって微視的に観察した 1  
例を第 8 図に示した。なお図中の摩耗刃先に対する使  
用前の研摩刃先線は直線とみなして、各刃物の刃先後  
退長



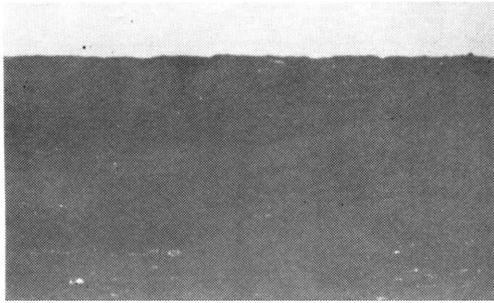
第 7 図 摩耗刃先の先端位置の軌跡

lの数値と平均的に等間隔の位置に点線で描いたものである。

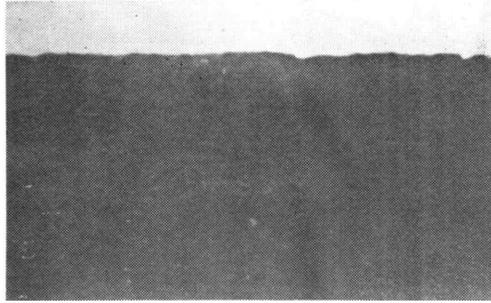
これらの図からも明らかなように、どの刃物でもその摩耗刃先線は摩耗の進むにつれて細かな波からだんだんめらかな大きな波に変わってゆくことが観察された。超硬とハイスの刃先線の変化を較べてみると、超硬の方は一定切削材長に対する刃先後退量も刃先の凹凸も相対的に小さい。さらに一定刃先後退量に対する刃先凹凸の大きさを較べて見た場合にも、超硬のそれは相対的に小さく、磨耗が進んでもわりあい刃先線はそ

ろっている。このように超硬の刃先はハイスよりも比較的一様に摩耗して行くのであるが、このことは当然、切削抵抗・切削面の精度・刃物の寿命などに異った影響を及ぼすものと考えられる。

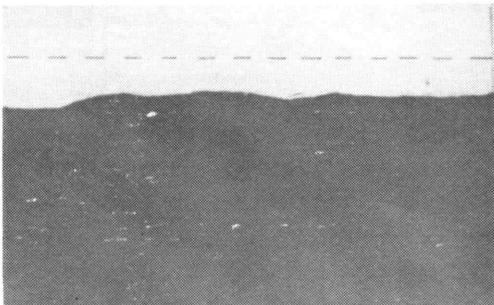
なおハイスの刃角  $40^\circ$  にてブナ材を切削中、切削材長約  $1 \text{ km}$  の時点で刃先に大きな欠けが突発的に生じ、切削面に数本の大きな条跡が現われたので刃物の寿命限界点に達しないうちに切削を直ちに中止した。



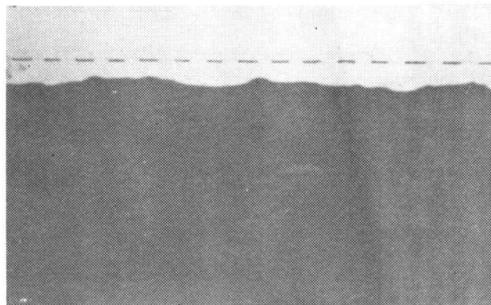
研 磨 刃 先



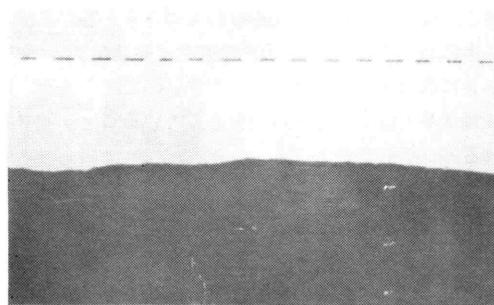
研 磨 刃 先



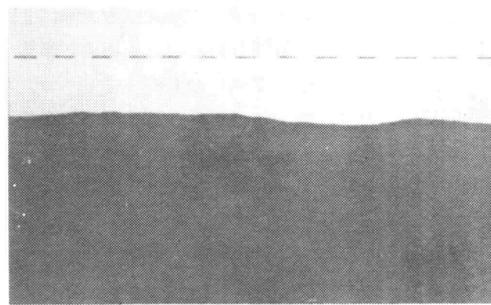
l = 0.3km



l = 0.3km



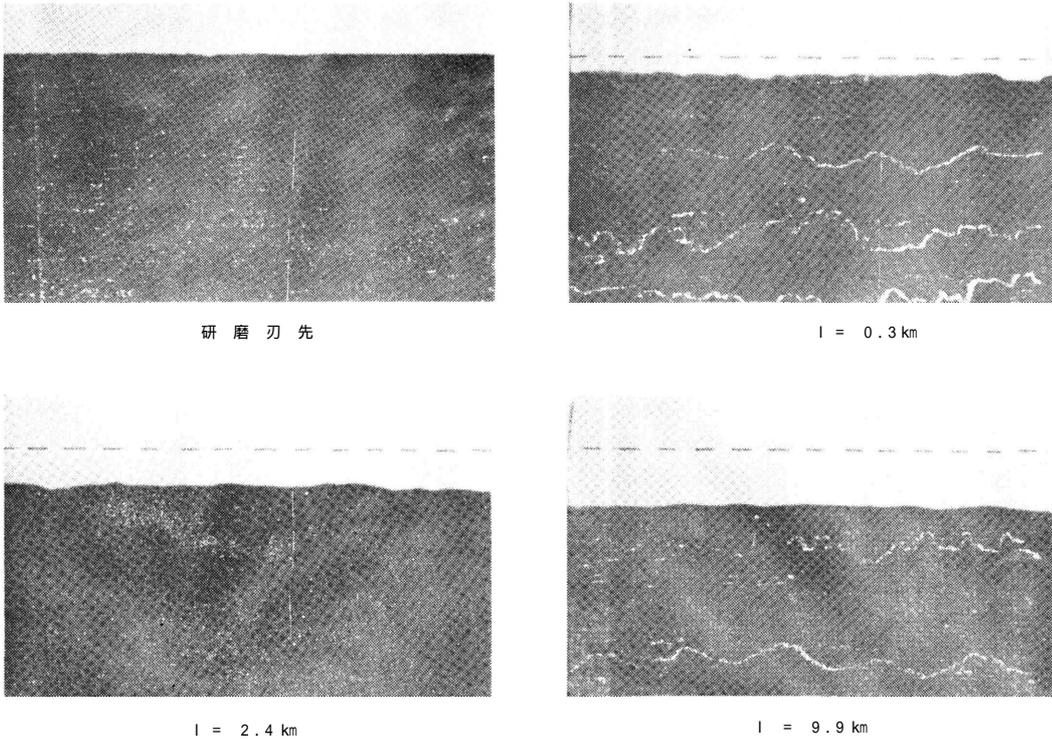
l = 2.4km



l = 2.4km

第 8 図 - 1 刃先凹凸の変化 (  $\times 120$  )  
 鉋刃: SKH<sub>9</sub>・ $40^\circ$ , 被削材; ニレ  
 l: 切削材長, 点線: 研磨刃先線

第 8 図 - 2 刃先凹凸の変化 (  $\times 120$  )  
 鉋刃: SKH<sub>9</sub>・ $55^\circ$ , 被削材: ニレ  
 l: 切削材長, 点線: 研磨刃先線



第8図-3 刃先凹凸の変化(×120)  
 鉋刃: G1.55°, 被削材: ニレ  
 l: 切削材長, 点線: 研磨刃先線

(2) 切削量と刃先摩耗量

切削材長および正味切削時間をもって切削量を示す指標として、切削量と刃先摩耗量との関係を被削樹種別に第9図に夫々示した。

これらの図において、摩耗量経過曲線 l と S はどの刃物でも切削のはじめに急上昇し、切削の進むにつれて漸時ゆるやかに上昇している。この切削初期の急激な摩耗の進行はおもに鋭利な刃先が衝撃的に作用する切削抵抗によって欠けたもの(小チップの連続的集積)で、その後の漸進的摩耗は刃欠けによって肉厚となった刃先が被削材の母材や切屑と摩擦することによって連続的に摩滅したもの(すりへり)であると報告されている。このことは第8図の刃先線の変化状況からもある程度予想し得る。

摩耗量経過曲線から明らかなように、刃物の材質が摩耗速さにおよぼす影響はきわめて大きい。超硬とハイスの摩耗速さ、即ち一定切削量に対する刃先摩耗量の大小もしくは一定刃先摩耗量に達するまでの切削量の大小を比較してみると、超硬の摩耗はいずれの樹種においてもおそくなっている。また両材質の摩耗速さの差異は切削の初期においてすでにあらわれ、その差

は切削の継続にともなって増々大きく開いていく

被削樹種による摩耗速さの差異についてみると、ハイスでは顕著にあらわれ、ニレを切削した時に最も摩耗が早くナラ・ブナの順におそくなっている。超硬ではそのような差はあまり目立たない。それゆえ刃物材質の摩耗速さの相違はニレのように刃先をはやく摩耗させる材を切削した時にはっきり現れてくるし、なお超硬刃の摩耗速さが被削樹種によってさほど変わらないのは、超硬の材質がきわめて硬いために被削樹種の材質の差がほとんど影響しなかったものと考えられる。

次にハイスの場合、刃角の変化が摩耗量経過曲線 l に及ぼす影響はきわめて大きいものではあるが、摩耗量 S では大体近似の値をとっていることが注目される。

(3) 鉋刃の寿命

鉋刃の寿命・寿命比・寿命限界点の刃先摩耗量を第1表にとりまとめた。表示した寿命限界点の刃先摩耗量 l および S の数字は第9図の摩耗量経過曲線から算定したものであって実測値ではない。

寿命比はハイスの刃先角 40° を基準(ブナ材の場合はハイスの 55° を基準)にした比率であるが、この数



述した通り被削樹種による摩耗速さには大差がないのであるから、ニレ材のように寿命限界点の摩耗量が大きい樹種の場合ほど、その刃先摩耗量に到達するまでの切削量が大幅に寿命は長いという結果が出た。

以上の事より切削困難と言われている一部の南洋材、或はレジン加工された合板およびそれらを張合せたボード類の側面切削が今後益々多くなってくれば、超硬合金を使用した鉋刃の効果は極めて大となろう。

(4) 面あらさ

プレーナーによる切削面のあらさは比較的ピッチの大きな波と細かい波から構成されている。大きな波は機械的条件によって決定されるナイフマークの凹凸即ち機械的アラサで、細かい波は切削作用によって変形あるいは破損した木材組織に基づき組織的アラサであると考えられている。しかしながら触針式アラサメーターによって細かい波を追跡することはきわめて困難であり、その再現精度にも問題があるために、ここでは組織的アラサについては検討を加えなかった。

切削材長の増加にともなう切削面のプロファイルの変化の1例を第10図に示した。

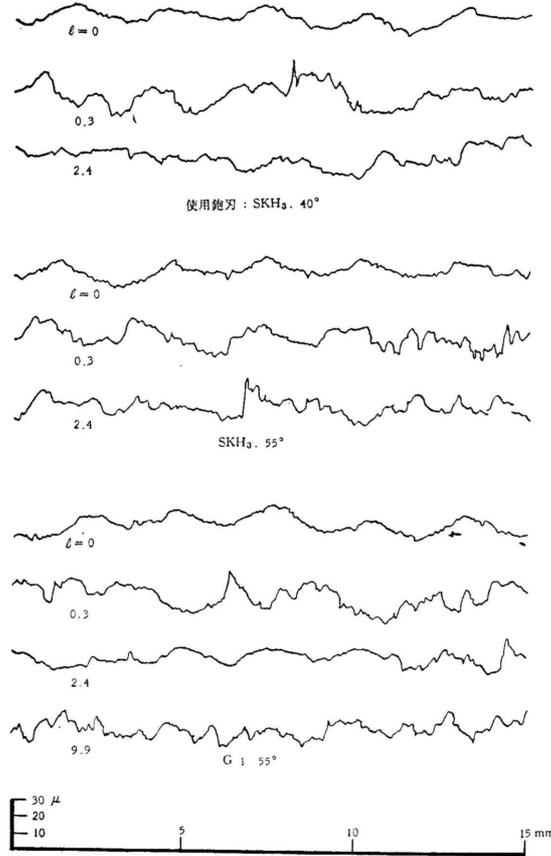
これらの結果が示すように、切削のはじめの切削面プロファイルにはどの刃物でもわりあい正常なナイフマークが認められるが、以後のプロファイルは相当バラツキが大きく不規則であるためナイフマークもきわめて不明りようになってくる。このような消息を明らかにする意味からもこれらのプロファイルカーブを解析して面あらさを求め、切削材長および刃先摩耗量 S の増加にともなう変化を夫々第11図に示した。

これらの図において、最大アラサは最初急上昇するが、機械的アラサはゆるやかに上昇して夫々最高に達したのちはどちらも漸進的に低下し、全体として上向きに凸の曲線を描いている。

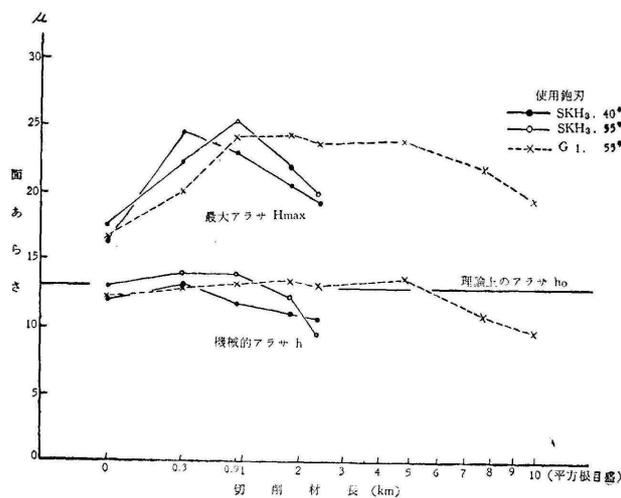
肉眼観察の結果によれば、切削面の状態は切削の進むにつれて漸次不良となる。それに対して実測した面あらさ、とくに最大アラサは非常に複雑な変化を示している。この試験の結果では、肉眼観察による仕上げ面の良否と面あらさの測定結果の傾向とは必ずしも一致しないように思われた。

切削が理想的に行われるならば、第2図のごとく切削面には、刃先の材面に対する軌跡の関係から正常なナイフマーク(巾  $e = 2.8\text{mm}$ ・中央矢高  $h_0 = 0.013\text{mm}$ )が連続的に配列するはずである。そしてこのナイフマークの高さ  $h_0$  は観念的

な所謂理論上の機械的アラサであって、これに対応する実際上のあらさは切削面のプロファイルから求まる機械的アラサ  $h$  とみなし得る。参考までに機械的アラ



第10図 切削面のプロファイル  
被削材：ニレ, l : 切削材長 km



第11図 - 1 切削材長と面あらさ(被削材：ニレ)

サの理論値  $h_0$  を直線で図示した (第11図)。

刃物の材質があらさに及ぼす影響についてみると、切削材長との関係においては差異が認められるようであるが、これは刃物材質の摩耗速さの相違に基づいて間接的にもたらされたものと思われた。

刃角によるその差異は認められない。通常にげ角を小さくすれば切削面には振動によるピピリや鉋やけが早くあらわれ易いのではあるが、そのような現象はまったくみられず、刃角  $55^\circ$  に対するにげ角  $13^\circ$  の組合せは妥当なものであったと考えられる。

#### 4.むすび

現場における簡易な切削摩耗試験を行って、刃先の摩耗・鉋刃の寿命・切削面のあらさの立場から鉋刃の切削性能を比較検討した。

その結果、超硬刃によるプレナー切削は充分に実用的でその耐久性もきわめて高く、超硬刃を使用することによって切削能率の向上が期待される。とくに刃先に対する摩耗性の強い材料に対して、あるいは比較的粗雑な切削加工において、その効果が著しいものと考えられる。

終りに試験に当って絶えず御指導下さった枝松木材部長、並びに試験実行上御協力いただいた加工係の諸氏に厚く感謝します。

#### 付 記

##### 高速度鋼鉋刃の寿命について

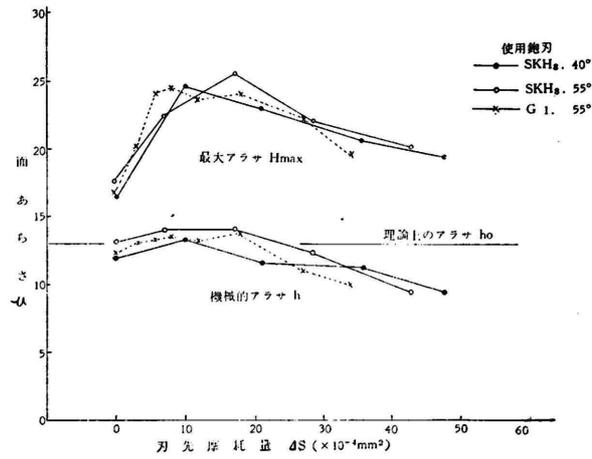
前記の One - knife cutting による超硬刃の摩耗試験を行うに先上立ち、予備調査として通常作業における高速度鋼鉋刃の寿命について若干検討を試みたのでその結果を簡単にとりまとめた。なお試験方法は、刃数を6枚としたことを除いては前記の方法とまったく同じ要領である。

##### 結果の要約

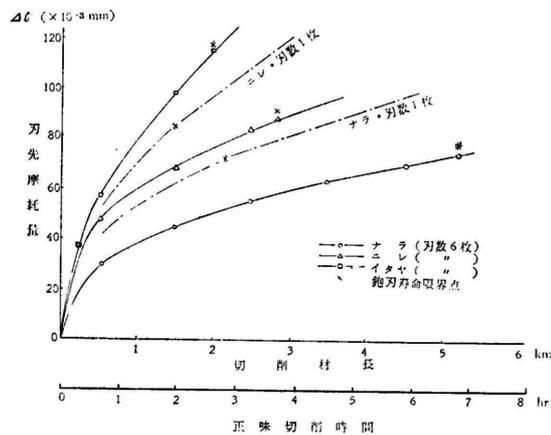
ナラ・ニレ・イタヤの順に各樹種を SKH<sub>3</sub>・ $40^\circ$ 、刃数6枚にて鉋刃の寿命に至るまで連続的に切削した。

刃先摩耗量経過曲線 1 および S を夫々付1図 - 1, 2 に示したが、これらの数値は鉋胴の一定対称位置にセットされた2枚の鉋刃の平均値である。参考までに、前記試験結果 SKH<sub>3</sub>・ $40^\circ$  の摩耗量経過曲線を鎖線にて示しておいた。

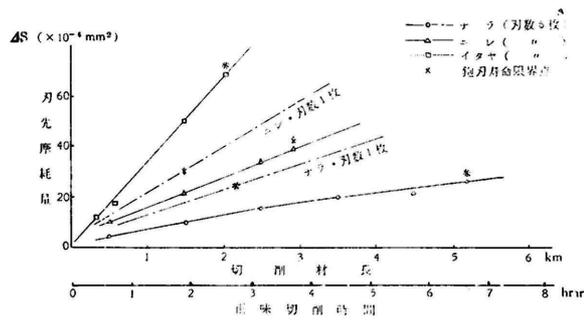
さらに付2図には被削樹種による刃先線の変化



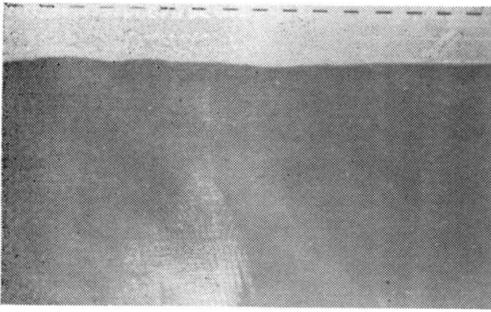
第11図 - 2 刃先摩耗量と面あらさ (被削材: ニレ)



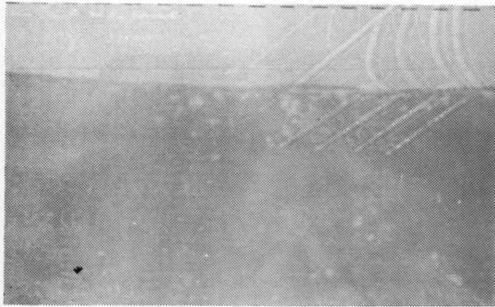
付1図 - 1 刃先摩耗量 L の経過曲線



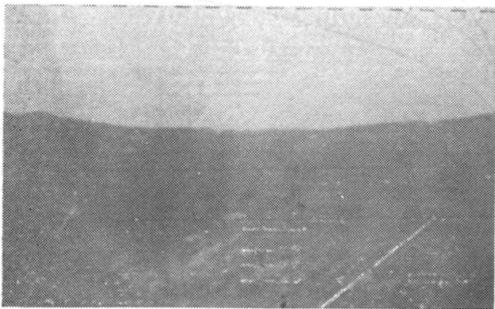
付1図 - 2 刃先摩耗量 S の経過曲線



被削材：ナラ，切削材長：2.5 km



被削材：ニレ，切削材長：2.5 km



被削材：イタヤ，切削材長2.0 km  
付2図 摩耗刃先線 (×120)  
鉋刃：SKH<sub>3</sub>・40°  
点線：研磨刃先線

の例を示した。

これらの結果が示すように、被削材種が刃先の摩耗速さあるいは刃先線の変化に及ぼす影響は著しく、被削材種の摩耗作用の強弱が直接高速度鋼鉋刃の寿命の長短を支配している。寿命限界点の刃先摩耗量の数値は寿命の短いもの程高くなっていることが注目される。このことは刃先をはやく摩耗させる材(硬材)を切削した場合には、鉋刃の寿命は短い、刃先の摩耗による切削面劣下の度合の小さいことを示している。反

対に軟材に対しては刃先の摩耗がおそいために寿命は長くなるが、刃先が少しでも摩耗すると切削面は硬材よりも著しく粗害されることを意味している。

刃数と寿命との関係についてみると、刃数6枚の時の寿命は1枚の時の2倍程度であって刃数の増加は当然寿命の延長に役立っている。しかしながら、寿命限界点に達するまでの鉋刃1枚当りの切削量  $l_{max}/n$  ( $l_{max}$ : 鉋刃の寿命,  $n$ : 刃数) を比較すると、刃数6枚の場合は1枚のその約1/3程度にすぎない。

面あらしを観察した結果、刃数の増加による特別の相違点は認められなかった。理論上ナイフマークの間および高さは近似的に夫々刃数に反比例、刃数の2乗に反比例し、刃数が多くなると面あらしは小さくなるはずである。しかし実際の切削面にあらわれたナイフマークの大きさや形状にはまったく変化がなかった。これは刃数6枚の時の有効刃数(実際にナイフマークを切削面に形成する刃数)が1枚にすぎなかったためである。このことがプレナーの切削能率を低下せしめる一因となっているものと考えられる。

## 参考文献

- 6) 平岩元徳：木材工業に於ける超硬工具の進歩．木材工業 14, 10 (1959)
- 7) 森稔・星通：プレナーによる木材の面仕上げ(1)．林試研報119 (1960)
- 8) 山口喜弥太・青山経雄：超硬チップソーの挽材摩耗試験．林試研報138 (1962)
- 9) 梶田茂編：木材工学 (1961)
- 10) 精機学会編：精密工作便覧 (1958)
- 11) 竹山秀彦：切削技術の研究(1),(2),(8),(9),(10)．機械の研究 13~14, 3, 4, 12, 1, 2 (1961~1962)
- 12) JIS B4011 - 1959：超硬バイト切削試験方法