

超硬チップソーの挽材摩耗試験

山口 喜 弥 太⁽¹⁾

青 山 経 雄⁽²⁾

I ま え が き

超硬合金工具は 1926 年ドイツのクルップ会社から Widia という商品名で市販されてから、金属加工の分野では戦前から用いられていた。木材加工関係では戦後しだいに注目されるようになったが、特に新しい木質材料の出現とその普及にともなつて合成樹脂接着剤を含む硬質の材料を能率的に鋸断することが要求されるようになり、にわかに超硬チップソーが注意をひくようになった。

わが国においても数年前から国産の超硬チップソーが製作され、実用に供されるようになった。この超硬チップソーは円鋸の歯先に超硬合金のチップをろう付けしたもので、その特徴は超硬合金の高いカタサと耐摩耗性によつて、硬質の材料でも容易に鋸断し、耐久性も大なることで、その寿命は普通の鋼の鋸にくらべて数十倍におよぶといわれる¹⁾。

しかしながら、まだ新しい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があり、実験資料も少ない。このため、超硬チップソーの挽材加工法を検討する一環として、市販の超硬チップソーについて外国メーカーのもの 1 社と国産メーカー 2 社の製品について、鋸歯の仕上げ精度を調べるとともに、挽材による摩耗試験を行なつたので、ここにその結果をとりまとめて報告する。

なお、本試験にあつては小倉木材部長、中村加工科長、平井研究顧問をはじめ、鈴木製材研究室長、枝松前製材研究室長のご指導をいただき、また製材研究室全員のご協力によつて遂行されたもので、これらの方々に対して厚く感謝の意を表する。

II 実 験 方 法

2.1 供試円鋸

試験に使用した円鋸はドイツ製品 A と、わが国のメーカー 2 社の製品 B および C の 3 種類の超硬チップソーである。ここで、超硬というのは超硬合金、すなわちタングステンカーバイドのことである。これらの超硬チップソーは、いずれも直径 305 mm で、各メーカー製品ごとに歯数が 10, 20, 36 枚のものを用意した。このほか比較のために、普通の工具鋼のマイターソー D と普通円鋸 E について歯数 36 枚のものを

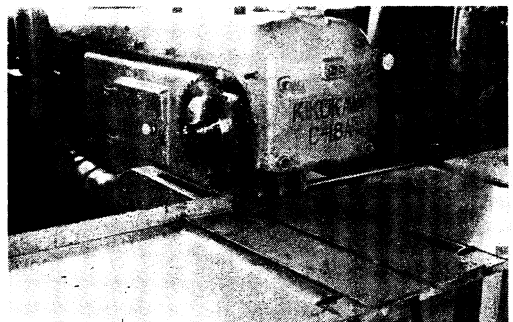


Photo.1 実験装置
Experimental equipment.

(1) (2) 木材部加工科製材研究室員

Table 1. 供試円鋸の形質
Characteristics of experimental saws.

円鋸 Saw	A			B			C			D	E
歯数 Number of tooth	10	20	36	10	20	36	10	20	36	36	36
鋸厚 (mm) Thickness of blade	2.12	2.13	2.17	1.94	1.90	1.95	2.23	2.21	2.23	2.90* (2.00)	1.78
歯喉角 (°) Hook angle	19	19	5	17	16	17	20	20	13	15	16
歯端角 (°) Sharpness angle	57	56	70	60	67	65	50	58	61	61	60
歯背角 (°) Clearance angle	14	15	15	13	7	8	20	12	16	14	14
歯高 (mm) Height of tooth	11.0	11.6	12.8	15.2	12.9	10.6	8.7	8.8	8.6	12.5	11.7
アサリ幅 (mm) Width of kerf	3.28	3.39	3.40	3.25	3.06	3.28	3.14	3.14	3.15	3.09	2.73
アサリの逃げ角 (歯喉側) Side clearance angle (°) (Face)	0.9	1.4	21.8	2.5	2.1	2.1	1.8	1.8	1.8	0.7	3.6
〃 (歯背側) (°) 〃 (Back)	2.8	2.1	5.9	4.2	3.6	4.1	3.1	1.8	3.5	0.5	—
研ぎ角 (°) Bevel angle	—	—	22	—	—	—	—	—	—	—	20
チップの長さ (mm) Length of tip	6.5	7.5	9.0	7.5	7.0	7.0	6.3	6.3	6.3	—	—
チップの厚さ (mm) Thickness of tip	2.7	2.7	2.7	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	—	—

* 中心部の厚さ, () 内は最も薄い部分の厚さで半径 65 mm の位置

Thickness at center of blade. In the brackets the thinnest thickness at radius of 65 mm.

Table 2. スリットの数と形
Number and dimension of expansion slits.

鋸 Saw	個数 Number	a *	b *	c *
A—10	3	24 ^{mm}	3.0 ^{mm}	1.2 ^{mm}
A—20	4	24	2.5	1.0
A—36	3	23	2.5	1.0

* Fig. 1 参照 These dimensions are illustrated in Fig. 1.

Fig. 1 鋸Aのスリット
Expansion slit on saws A.

それぞれ1枚ずつ供試した。これらの円鋸の形状については、Table 1 に示すようである。その形態は Photo. 1 にあるように、歯底線、歯背線は各メーカーによつて特徴がある。このうちAのみは本当の市販品であるが、他の円鋸は比較のためにAを基準にして決めたので、実際の市販品とは歯数、歯角が異なる。また、A-36とEは振分けアサリで、他はバチ型アサリである。ドイツ製品Aのみは、鋸身に Fig. 1 に示すようなスリットがはいっている。このスリットの形と数は Table 2 のようで、これは切削熱による鋸身の膨張を逃げるためといわれる³⁾。

Table 1 に見られるように、メーカーによつて鋸厚、歯高が異なっている。A-36 だけは歯喉角が 5° になつてゐるが、これは横切り用として使うためである⁴⁾。

2.2 鋸歯の仕上げ精度の測定

挽材試験に先立つて、各円鋸の鋸歯の仕上げ精度を調べた。

歯角は万能投影器によつて測定し、アサリの逃げ角、研ぎ角は直接投影できないので、セロハン紙に転

写して測定した。歯高は鋸中心からの距離のむらをダイヤルゲージにより、アサリ幅はマイクロメーターによつて、アサりの出は側方よりダイヤルゲージをあてて、それぞれ測定した。

このほかチップおよび鋸身のカタサを、ビッカース微小硬度計によつて測定した。チップのカタサは鋸歯5枚について2箇所ずつ求めた。

2.3 実験方法

挽材には、鋸が圧搾空気によつて自動的に前進後退する横切り用円鋸機械を使用した (Photo. 1)。鋸軸は径 25.4 mm, 7.5HP のモーター直結である。フランジの径は 190 mm で、横ブレの最大値は半径 90 mm のところで 0.0025 mm であつた。挽材々料は鋸軸中心から 135 mm 下方に位置するテーブル面上に固定され、円鋸は下向き切削の方向に回転させた。鋸の回転数は 3,000 r. p. m. で、送り速度は 16.2 m/min で



A-10



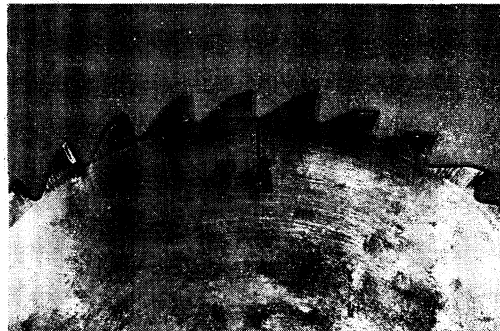
B-10



A-20

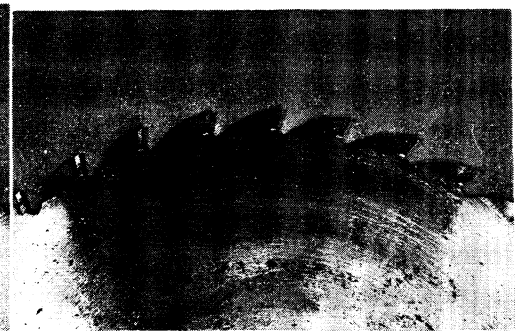


B-20



A-36

Photo. 2-1



B-36

Photo. 2-2

Photo. 2 供試円鋸
Saws tested in the experiment.



C—10



D



C—20



E



C—36

Photo. 2-3

Photo. 2-4

Photo. 2 供試円鋸
Saws tested in the experiment.

ある。したがって、鋸歯 1 枚あたりの切込み深さは歯数 10 枚のもので 0.34 mm , 20 枚のもので 0.17 mm , 36 枚のもので 0.10 mm となる。

挽材実験においては歯端およびアサリの切先の摩耗量、挽材所要動力、挽き面のアラサの 3 項目について測定を行なった。

(1) 歯端およびアサリの切先の摩耗量

鋸歯の摩耗は万能投影器によつて歯先を 50 倍に拡大して観察した。歯端の摩耗量は鋸歯の側面の投影図（鋸身にほぼ平行な面）によつて調べ、Fig. 2 のように歯端角の 2 等分線上の摩耗量 OP と、摩耗した歯先の 2 等分線からの偏りの角度 θ とを求めた。また、アサリの切先の摩耗量は歯背面投影図により観察し、Fig. 3 のように摩耗量 OP を測定した。この際アサリの切先は摩耗につれてほぼ 2 等分線上を移動する

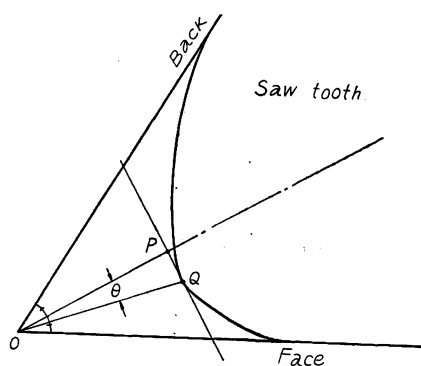


Fig. 2 歯先摩耗量の測定方法
Definition of wear of tooth point.

ようなので、歯端の場合のように2等分線からの偏り θ を求めなかつた。測定は各円鋸について5枚の鋸歯をとり、それらについて一定量挽材するごとに、その摩耗量を測定していた。アサリの場合はパチ型、振り分けとも左右の切先の摩耗量の平均値である。

(2) 挽材所要動力

挽材所要動力は自記電力計によつて測定し、一定量挽材ごとに、別に用意した動力測定用試験材(トドマツ)を3回挽材して求めた。これは挽材抵抗の樹種による変動を軽減するための措置である。

(3) 挽き面のアラサ

挽き面のアラサの測定には万能投影器を用い、光切断法によつて、前述の動力測定に供したトドマツ試験片について求めた。その測定方法はFig. 4に示すように、測定すべき挽き面を 40° に傾け、挽き面上に安全かみそりの刃を置き、これに水平方向から平行光線をあててかみそりの刃の縁によつて生ずる陰影の凹凸を垂直方向から観察した。この際かみそり刃先線の方角は、試験片の送材方向に対して約 45° にとつた。これは鋸歯の切削方向、すなわち tooth mark の方向に対してほぼ直角の光切断線をうるためである。

測定箇所は挽材片の中央付近で、測定長は約15mm、投影器の倍率は20倍であつた。アラサの表示は、最大の山と谷の差 $H_{max}(mm)$ で示したが、その求め方はつぎのとおりである。投影器上の影の高さを $a\text{ mm}$ 、投影器の倍率を n 、挽き面の傾斜を α とすれば (Fig. 4)、実際のみぞの深さ $h\text{ mm}$ は次式によつて得られる。

$$h = \frac{a \cdot \sin \alpha}{n}$$

なお、1回の鋸断によつて挽き面は母材側と挽板側とに1つずつできるから、挽板側を a 、母材側を b としその両方について測定した。後に述べるように、両者に差がでる場合があるので、比較は主として母材側 b 面について示している。また、このほか挽き肌については視覚によつてその状態を観察したが、これについては後述する。

2.4 供試材料

挽材摩耗試験の供試材料としては、摩耗を促進させる意味で、鋸歯を摩耗させやすい材料が適当と考えて、マンガシノロをえらんだが、最初は予備的に一般的な材料で挽材した。このほか挽材材料が不足したこともあつて、挽材樹種はブナ、マカンバ、赤ラワン、マンガシノロと多種にわたつた。これ以外に、前述のように、挽材所要動力測定用としてトドマツを用いた。これらはいずれも気乾材で、その性質は Table 3

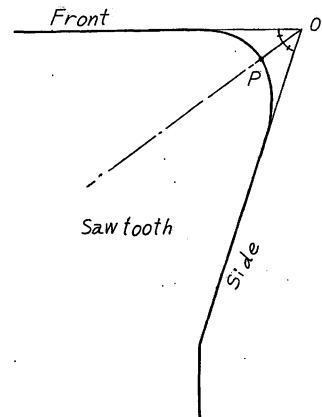


Fig. 3 アサリ摩耗量の測定方法
Definition of wear of tooth corner.

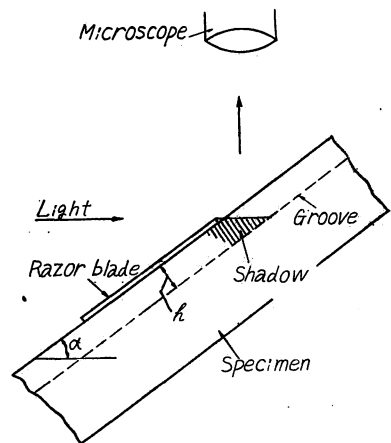


Fig. 4 挽き肌のアラサの測定方法
Method for measuring of roughness of sawn surface.

Table 3. 供試材料の性質
Properties of sawn materials.

樹 種 Species	気 乾 比 重 Specific gravity in air dry	平均年輪幅 Mean width of annual rings mm
Todomatsu (<i>Abies sachalinensis</i>)	0.39	3.72
Buna (<i>Fagus crenata</i>)	0.61	1.86
Makamba (<i>Betula Maximowicziana</i>)	0.76	1.61
Red lauan (<i>Shorea negrosensis</i>)	0.44	—
Manggasinoro (<i>Shorea philippinensis</i>)	0.53	—

に示されるとおりである。

挽材試験材は繊維方向の長さ 400 mm, 厚さ 30 mm, 幅約 300 mm の板目の板に木取つたが、柁目または追柁のものも多少含まれていた。動力測定用のトドマツ試験材だけは、厚さを 10 mm にした。挽材は縦挽きで 1 回の挽材長は 400 mm であつた。挽材の際の歩出し量は切削してできる挽板の厚さが 3 mm になるように出した。

挽材樹種の順序および挽材量はそれぞれの図中に示した。

III 実 験 結 果

3.1 鋸歯チップのカタサ

各鋸歯チップのカタサとその標準偏差および鋸身のカタサを、Table 4 に示す。また参考のために、普通使われる鋸歯の各種材料についてのカタサを Table 5 にかかげる。Table 6 によつて鋸 A および B に使用されている超硬チップは、マイターソー D や普通円鋸 E にくらべて 3 倍以上の値であることが知られ、JIS⁸⁾ においても円鋸のカタサは Hv 410~580 の範囲であるから、はるかに高い値である。鋸 C は A, B に比してカタサの低い材質を用いている。材質の種類はメーカーによれば A, B は H₁, C は G₃ と称しているが、Table 5 に比較してそのカタサはだいたい妥当である。標準偏差は C の方がやや小であるが、変動係数として考えると A, B の方が小になる。鋸身のカタサでは A, C は普通円鋸よりカタサの低いものを使用している。

Table 4. 供試鋸歯のカタサ
Hardness of experimental saw tooth. (Hv)

硬 度 Hardness	A-10	A-20	A-36	B-10	B-20	B-36	C-10	C-20	C-36	D	E
鋸 歯 Tip	1,641	1,682	1,600	1,635	1,622	1,643	1,033	1,123	1,014	—	—
標準偏差 Standard deviation	101	143	77	93	143	109	82	120	79	—	—
鋸 身 Blade	399	367	361	431	468	434	282	287	324	463	485

Table 5. 各種鋸歯材料のカタサの比較
Hardness of saw tooth material. (Hv)

材 種 Material	超 硬 合 金 ⁵⁾ Tungsten carbide					炭 素 鋼 ⁶⁾ Carbon steel		合 金 鋼 ⁷⁾ Special steel	
	H ₂	H ₁	G ₁	G ₂	G ₃	SK 5	SK 6	SKS 5	SKS 51
硬 度 Hardness	1,800	1,650	1,500	1,300	1,200	680	620	450	450

3.2 鋸歯の仕上げ精度

鋸歯の仕上げ精度としては測定値の標準偏差を採用したが、その結果は Table 6 のとおりである。これによればメーカー別、歯数別によってあまり差はないようで、外国製品と国産品でもまず差はない。ただ C-20 で歯角の精度が他に比してわるかった。また A-36 でアサリの逃げ角の標準偏差が大きいのは振分けアサリのためであろう。超硬チップソーとマイターソー、普通円鋸と比べても精度は差がない。ただ普通円鋸は試験用として特に注意して仕上げてあるから、実際に使用されているものより精度が良好なのではないかと考えられる。

Table 6. 鋸歯の仕上げ精度（標準偏差）
Standard deviation of saw tooth dimensions.

円鋸	A-10	A-20	A-36	B-10	B-20	B-36	C-10	C-20	C-36	D	E
歯喉角 (°) Hook angle	1.1	1.3	0.8	0.9	0.9	0.9	1.4	1.5	1.0	1.1	1.1
歯端角 (°) Sharpness angle	1.2	1.1	1.0	0.7	1.1	1.1	1.1	4.3	1.4	0.5	0.9
歯背角 (°) Clearance angle	1.3	0.8	1.2	0.5	1.2	1.3	1.3	3.2	0.8	1.5	1.2
歯高 (mm) Height of tooth	0.03	0.06	0.04	0.07	0.07	0.04	0.02	0.02	0.05	0.04	0.04
アサリ幅 (mm) Width of kerf	0.01	0.03	—	0.02	0.03	0.05	0.01	0.01	0.06	0.01	—
アサリの出(母材側)*(mm) Setting dimension (Material side)	0.01	0.03	0.02	0.01	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.01
〃 (挽材側) (mm) 〃 (Sawn timber side)	0.02	0.03	0.03	0.02	0.06	0.02	0.04	0.04	0.03	0.04	0.01
アサリの逃げ角(歯喉側) Side clearance angle (Face)	0.1	0.4	2.0	0.4	0.7	0.8	0.7	0.4	0.6	0.3	0.8
〃 (歯背側) (°) 〃 (Back)	0.6	0.5	1.7	0.9	0.8	0.6	1.1	0.9	1.0	0.5	—
研ぎ角 (°) Bevel angle	—	—	1.0	—	—	—	—	—	—	—	2.7

3.3 鋸歯の摩耗

(1) 歯端の摩耗形態

チップの先端は挽材量の増すにつれて、摩耗してゆくが、その経過の例を Fig. 5 に示す。これらの観察の結果から、摩耗した歯端の位置の軌跡を求めた。歯端角頂点と摩耗後の歯端を結ぶ直

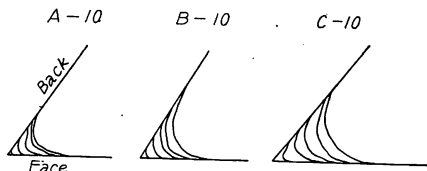


Fig. 5 歯先の摩耗状況の例
図は 0, 12, 300, 1700, 2500, 3500 m
挽材後を示す
Wearing stages of tooth point.
Figures illustrate after sawing of
0, 12, 300, 1700, 2500 and 3500 m.

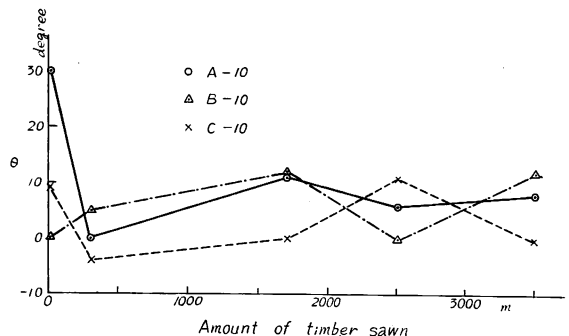
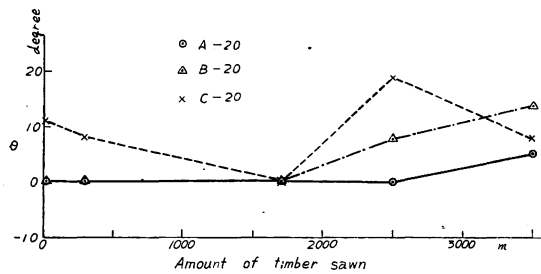
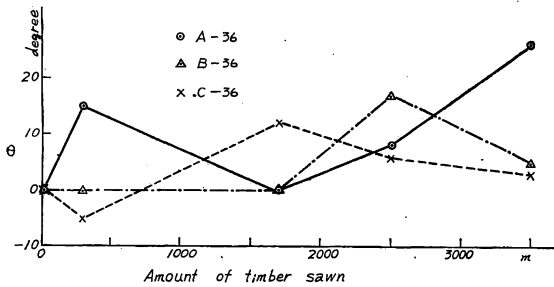


Fig. 6-1 摩耗歯先の頂点の位置（歯数 10 枚）
Positions of worn tooth point (saws of
10 teeth).



6-2 (歯数 20 枚 Saws of 20 teeth.)

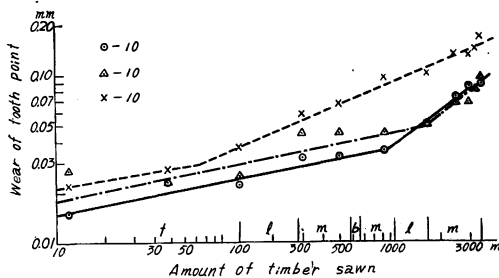


6-3 (歯数 36 枚 Saws of 36 teeth.)

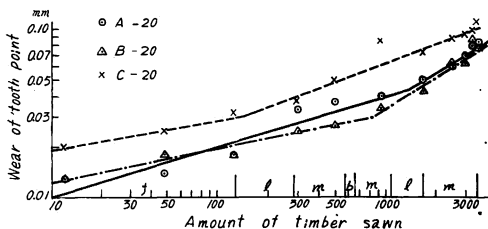
Fig. 6 摩耗歯先の頂点の位置
Positions of worn tooth point.

(2) 歯端摩耗量

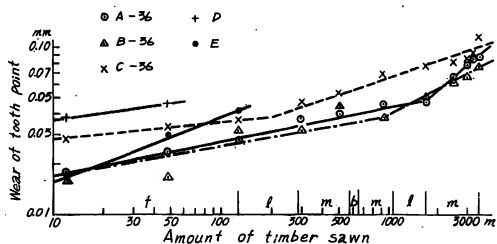
挽材にともなう歯端摩耗量の変化を、両対数グラフに示すと Fig. 7 のようである。



7-1 (歯数 10 枚 Saws of 10 teeth.)



7-2 (歯数 20 枚 Saws of 20 teeth.)



7-3 (歯数 36 枚 Saws of 36 teeth.)

Fig. 7 挽材長と歯端摩耗量の関係

Relation of amount of timber sawn to wear of tooth point.

挽材樹種 Species f: Buna, l: Red lauan, m: manggasinoro, b: makamba

線が、歯端角の 2 等分線となす角 θ の変化は Fig. 6 のようであつた。ここで、 θ は歯喉側にあるときを正とする。

この結果からみると、鋸によつて異なるけれども、歯端は大体 2 等分線から歯喉側 10° くらいまでの範囲を移行しており、概して歯背側が多く摩耗していることを示している。このことは鉋刃についても同様な報告があるが⁹⁾、鋸歯の場合は鉋刃よりは著しくないようである。切削初期に θ が大になる理由としては、研摩の不完全や先端部の微小なかけなどが考えられるが、歯端角頂点からの距離が小であるから 2 等分線から少しずれても θ は大きくでるのである。アサリの切先の摩耗の場合には、その摩耗の頂点はアサリの切先角の 2 等分線上をほぼ移行するようなので、特に θ を求めなかつた。

これを見ると、チップの材質、歯数にかかわらず各鋸ともにその経過は 2 本の直線によつて表わされる。このように、両対数グラフにおいて直線となることは、超硬チップソーによるハードボードの切削においてすでに報ぜられているが¹⁰⁾、超硬工具による金属切削においても刃先のウェアーランドと切削量との関係が両対数グラフ上で 2 本の直線で表わ

Table 7. 歯端摩耗量の実験式 $W=aL^n$ における a と n の値
 Values of a and n in the formula $W=aL^n$

鋸 Saw	第 1 期 摩 耗 First stage of wear		第 2 期 摩 耗 Second stage of wear	
	a	n	a	n
	$\times 10^{-4}$		$\times 10^{-4}$	
A—10	94	0.19	2.4	0.72
A—20	50	0.31	5.9	0.60
A—36	105	0.20	1.0	0.84
B—10	110	0.20	2.4	0.78
B—20	76	0.20	4.6	0.61
B—36	120	0.18	7.6	0.58
C—10	150	0.16	47	0.42
C—20	125	0.18	47	0.36
C—36	220	0.10	63	0.34
D	260	0.15	—	—
E	63	0.39	—	—

されることが報告¹¹⁾され、はじめの直線部を第 1 期摩耗、次ぎの段階を第 2 期摩耗と称している。この用語を借りれば、本実験では第 1 期摩耗より第 2 期摩耗の方が摩耗速度は大になり、その変曲点は鋸 A, B では 1000 m 前後、鋸 C では 100 m 前後であつて、その時の歯端摩耗量はチップの材質によらず大体 0.03 ~ 0.05 mm であつた。

Fig. 7 の直線は

$$W=aL^n \quad (1)$$

によつて表わされる。ここで W : 歯端摩耗量 (mm), L : 挽材長 (m), a, n : 定数である。実験によつて得られた a, n の値を Table 7 に示す。

第 1, 2 期摩耗とも n はチップの材質、歯数に関係なく大体等しい。ただ第 2 期摩耗において鋸 C は A, B よりややゆるやかである。摩耗の絶対量については、どの歯数においてもカタサの低い C が最大で、鋸 A, B はこれより小さく、また両者はあまり差が現われなかつた。

つぎに歯数の影響を見ると、鋸 A, B では歯数に関係なくどれも摩耗量は同じ位であつたが、鋸 C では歯数が 20 枚と 36 枚ではほぼ等しいが、10 枚では第 2 期摩耗において摩耗量は著しく増加した。この実験では鋸速度、送り速度が一定であるから、歯数は切込み深さに反比例する。したがつて、切込み深さが大になるために摩耗量が増加したと考えられる。

なお、切削中数個のチップに歯先の部分的かけが見られた。このかけは切削初期におこるようで、硬いチップの方に多く、特に鋸 B に多かつた。摩耗測定用のチップにかけを生じた場合には、その歯を除外した。

挽材材料による差異は、各チップソーともあまり現われず、挽材樹種が変わつても同一直線で示された。これはチップがきわめて硬いために、挽材材料の材質の差が影響しないのではないと思われる。

マイターソー D は歯端の摩耗が最も速く、ブナを 88 m 挽材したのみで挽き曲りを生じ、試験を中止した。これはアサリの逃げ角が小なることも原因しているようであつた。

普通円鋸 E はブナ、アカラワン挽材では、摩耗量はチップソーの 2 倍程度にとどまり挽材を続行できる

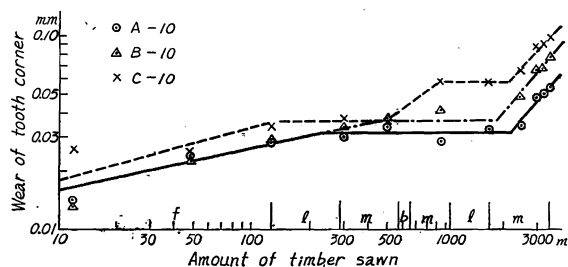
状態であつたが、マンガシノロを挽くと急速に摩耗が進み、マンガシノロを 12m 挽いた後、挽き肌はきわめて悪くなつたので挽材を中止した。

(3) アサリの切先の摩耗量

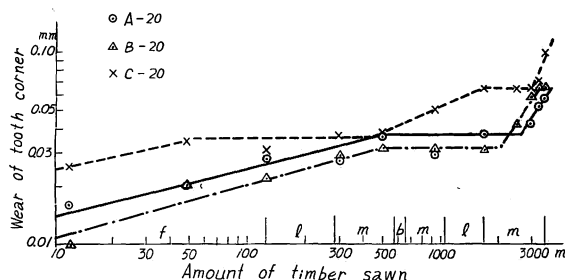
挽材長とアサリの切先の摩耗量の関係は、Fig. 8 のようであつた。

アサリの切先の摩耗経過には、図に見られるように増加部の中間にほぼ一定になる時期があるようで、各鋸ともにこの段階があり、鋸 C-10、C-20 ではその定常期が 2 回あるようであつた。この一定期間の摩耗量は各鋸について大体等しく、0.03~0.05 mm の範囲であつた。鋸 C の第 2 回の一定期間の摩耗量は、約 0.06 mm を示した。鋸歯の摩耗は最初歯端、アサリの切先がともにある程度摩耗した後、アサリの切先の摩耗は一定になり、歯端のみが摩耗することが報告されている¹²⁾が、チップソーについても同様な現象があるものと推定される。摩耗直線の傾斜は同じ歯数では材質が異なつてもほぼ等しい。

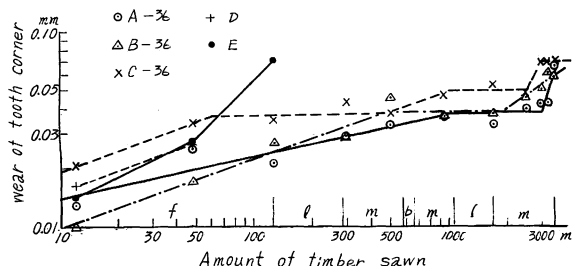
摩耗の絶対量はカタサの低い鋸 C が最も大で、鋸 A、B では小である。A、B 間ではあまり差はないが挽材長が大になると、B の方が余計に摩耗する傾向が認められた。



8-1 (歯数 10 枚 Saws of 10 teeth.)



8-2 (歯数 20 枚 Saws of 20 teeth.)



8-3 (歯数 36 枚 Saws of 36 teeth.)

Fig. 8 挽材長とアサリの切先の摩耗量の関係
Relation of amount of timber sawn to wear
of tooth corner.

マイターソー D では摩耗量はチップソーと大体等しく、これはアサリの切先の角度が大であるため摩耗が少なかったのではないかと思われる。普通円鋸 E の摩耗量は非常に大であつたが、これはカタサの低いことのはかに、振分けアサリのため切先が鋭いことも原因していると考えられる。

3.4 挽材所要動力

挽材所要動力と挽材長との関係は、Fig. 9 に示すとおりである。

この場合も歯端摩耗量の場合と同じく、両対数グラフ上で 2 本の直線で示される。

同じ歯数では、摩耗が最も大きい鋸 C がいちばん動力が高く、A、B はこれより低く、かつ A、B 間には差がなかった。歯数が 36 枚の場合 A がやや低いが、これは A-36 が振分けアサリのためとも考えられる。鋸 C と A、B の差は、歯数が増加すると小になるようである。

同じ材質のチップでも、歯数が多いほど挽材所要動力は高くなつた¹³⁾。また歯数が多くなるほど、切削初期に著しく所要動力が増加する。変曲点の位置は鋸 C

が100m 前後で早く、鋸A, Bはこれより遅く生ずる。そのときの所要動力は歯数によつて異なり、10枚で400~550W, 20枚で700~850W, 36枚で1,100~1,200Wであつた。

マイターソーDははじめから動力が最も大きく、増加率も大である。普通円鋸Eは、挽材所要動力は最も低かつた。これはアサリ幅のせまいこと、振分けアサリであるなどの理由によると思われる。

3.5 挽き面

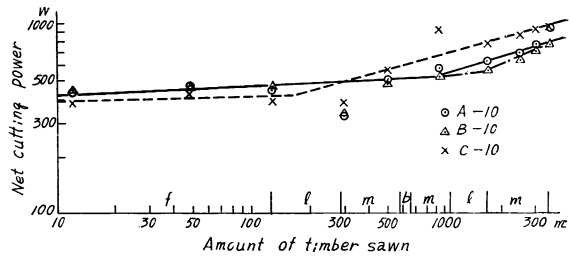
(1) 挽き面のアラサ

挽き面の最大アラサ H_{max} と挽材長との関係は Fig. 10 のようである。

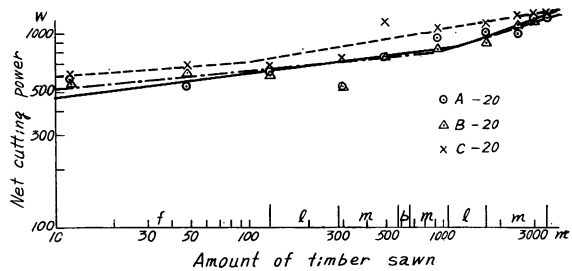
この結果は複雑であるが、C-10をのぞいてどの鋸についても切削開始後 H_{max} はいちど小になり、その状態が少し続いた後ふたたび増加している。初期のアラサの低下に対しては超硬チップソーについて他にも報告されている¹⁴⁾。 H_{max} の増加状態はまちまちであるが、途中で一定値になる時期があり、階段状であつてこの点はアサリの切先の摩耗とやや似ている。

歯数による差はあまり明りようでなく、10枚の場合が他に比べてやや大きい値を示す程度である。チップの材質別では、各歯数とも鋸Aが最小で、ついでB, Cの順に大になる。鋸AとBについては摩耗量、挽材所要動力ではあまり差がなかつたが、アラサではAの方がBより小であつた。これはAの鋸身の厚さの大なること、スリットがあることなどの影響ではないかと想像される。

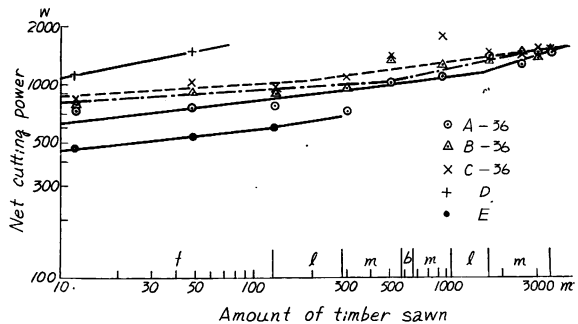
マイターソーDによるアラサは比較的小さい。しかし、アサリの逃げ角が小なるためか、挽き面に黒くやけを生じた。このやけは早くから現われ、ブナを48m 挽材しただけで生じ、しだいに濃くなつていつた。



9-1 (歯数 10 枚 Saws of 10 teeth.)



9-2 (歯数 20 枚 Saws of 20 teeth.)



9-3 (歯数 36 枚 Saws of 36 teeth.)

Fig. 9 挽材長と挽材所要動力の関係
Relation of amount of timber sawn to net cutting power.

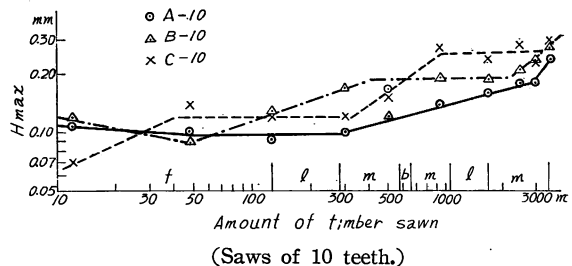
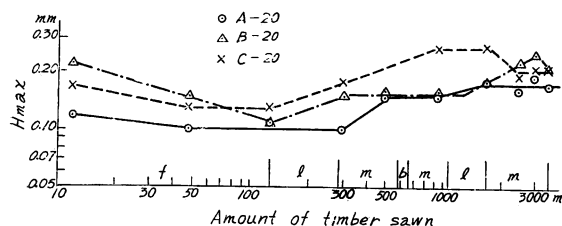
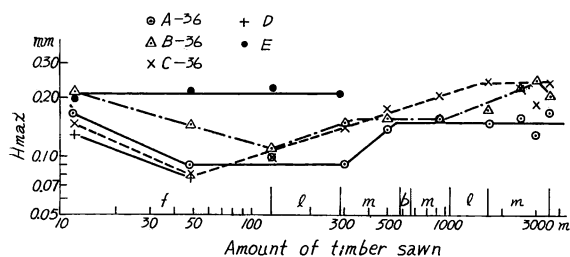


Fig. 10-1 挽材長と H_{max} の関係 (歯数 10 枚)
Relation of amount of timber sawn to H_{max} (saws of 10 teeth.)



10-2 (函数 20 枚 Saws of 20 teeth.)



10-3 (函数 36 枚 Saws of 36 teeth.)

Fig. 10 挽材長と H_{max} との関係

Relation of amount of timber sawn to H_{max} .

固定されているのに対して挽板が不安定なことが考えられる。Table 8 に母材側と挽材側のアサリの出の精度の差を示したが、これから見ると大体アサリの出の精度のよい方の面がアラサは小になるようである。ただし、B-36、C-20、C-36 では、アサリの精度とは逆に母材側の方が小さく出ている。これらのことから、挽き面のアラサにはアサリの精度とともに挽板の不安定の影響も加わっていると推察される。このような差はマイターソーにおいてもやけを生じた場合に見られ、やけは常に母材側の挽き面にのみ生じ、挽板側には最後まで現われなかった。これは母材側は固定されていて鋸歯と摩擦するが、挽板側は逃げられるので摩擦が少なかったためであろう。

(2) 視覚による挽き肌の観察

普通円鋸はアラサが最も大であつたが、マイターソーに比べ可能な挽材長は長かつた。しかし、マンガシノロを挽いた後では挽き面のけば立ちが著しく、アラサの測定はできないほどであつた。

挽き面のアラサについては挽板側 H_a と母材側 H_b を測定したが、これらの間には差があるようなので、各鋸について対応する H_a-H_b の値について平均値が 0 とみなせるか、すなわち a と b に有意差があるかを調べた。この結果は Table 8 に示すようであつた。このうち有意差のあるものはいずれも $H_a > H_b$ で挽板側のアラサが大であつた。

この差の生ずる原因としては左右のアサリの切先の不ぞろいなこと、母材が固

Table 8. H_a-H_b の有意差

Difference of roughness of sawn surfaces between sawn timber side (H_a) and workpiece side (H_b).

鋸 Saw	A-10	A-20	A-36	B-10	B-20	B-36	C-10	C-20	C-36	D	E
差 Difference (mm)	0.030	0.007	0.020	0.017	0.019	-0.002	0.034	0.034	0.027	-0.020	-0.006
有意差*1 Significance of difference	○	×	○	○	○	×	○	○	○	×	×
アサリの出*2の精度の差 Difference of standard deviation of set dimensions (mm)	+0.01	0	+0.01	+0.01	+0.02	-0.01	+0.01	0	-0.01	0	0

*1 ○ 差あり Significant

× 差なし Insignificant

*2 挽板側のアサリの出の標準偏差を+とする。

The standard deviation of set dimension on the sawn timber side is positive.

挽き面のアラサは、前述のように光切断法によつて測定したが、その結果から鋸歯摩耗の標準となるような点を判定することは困難であつた。しかし実際には、挽材長を増すとともに挽き肌のわるくなることが視覚では明らかにみうけられた。この挽き肌劣化の拠点となるものは、けば立ち、目ぼれ、挽板下縁の欠けなどで、光切断法による表面の凹凸のみの測定ではとらえ難い。また、実用的にも挽き肌を見て、その製品の商品価値が決められる場合が多い。それで、視覚観察による挽き肌の良否判定を試みた。

挽き肌を良好な方からⅠ，Ⅱ，Ⅲ，Ⅳの４階級に分類した。その識別の根拠は、だいたいつぎのようである。

Ⅰ：非常に普通な面で tooth mark も少なく、けば立ち、目ぼれはほとんど見られない。

Ⅱ：鋸断面としては普通な面で、表面の繊維はよく切れている。けば立ち、目ぼれは多少生じている。tooth mark はやや目立つてくる。

Ⅲ：ややわるい面で繊維がよく切断されず、けば立ち、目ぼれが目だつてくる。挽板下縁のかけが少し出てくる。

Ⅳ：相当わるい面で、長い繊維状のけば立ちを生じ、目ぼれも著しい。挽板下縁のかけも大きくなり、その長さも大となる。

以上のような挽き肌の判定基準を実例について示せば、Photo. 3 のとおりである。

このような基準にしたがつてトドマツ試験片の挽き肌を判定し、その結果をまとめたのが Fig. 11 である。これらの変化は漸進的なものではあるが、各試片の挽き面を Photo. 3 のような基準面と見くらべながら分類していくと、その判別はさほど困難ではない。ただ、この方法では挽材材料によつて挽き面の状態が異なり、その判定拠点も違つてくることが考えられ、トドマツでは主としてけば立ちの程度によつて判定したが、けば立ちの少ない広葉樹などではその基準も異なるであろう。

以上の結果から鋸歯の使用限界を考えてみると、等級Ⅲはわるい面ではあるが、普通の製材品としては許容できる程度であり、これに対して等級Ⅳは製材品として商品とするには耐えられない程度である。それで、この場合挽き肌が等級Ⅳに達した時をもつて鋸歯の摩耗の限界点とみなすことにした。これによると、耐久性は鋸Aが最も長く、Bがやや短く、Cはいちじるしく短い。この順序はチップのカタサにほぼ対応しており、チップソーではチップのカタサが大なる方が摩耗に対して耐久力があることが知られる。

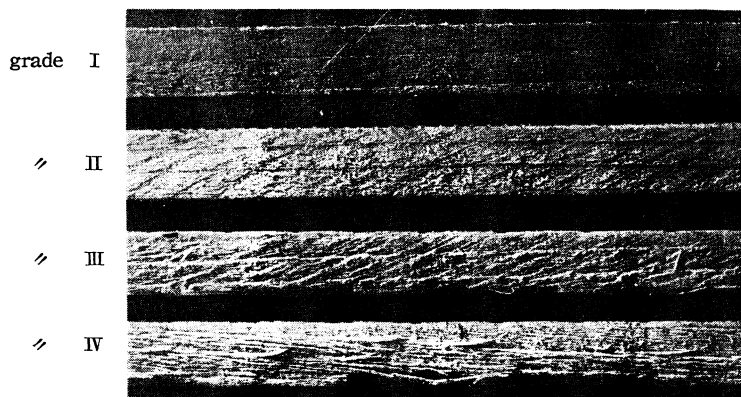
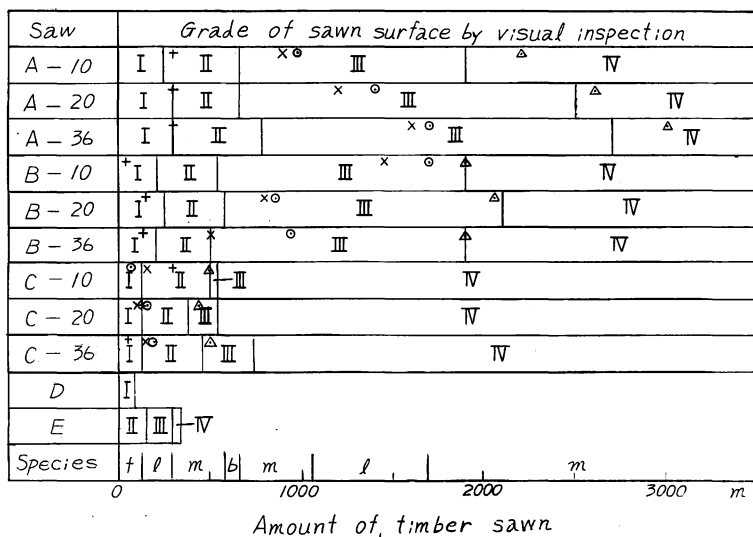


Photo. 3 挽き肌の一例
Examples of sawn surfaces.



- 歯端摩耗における第1期摩耗の終了点。
Inflexion point on wear of tooth point.
- △ アサリの切先摩耗における第1次定常期の終了点。
End of first constant period on wear of tooth corner.
- × 挽材所要動力における変曲点。
Inflexion point on net cutting power.
- + 挽き面アラサにおける第1次定常期の終了点。
End of first constant period on roughness.

Fig. 11 挽材長と挽き肌の状態の関係

Relation of amount of timber sawn to grade of sawn surface.

挽き肌IからII, IIからIIIへの転位点も同様な傾向にある。

歯数の影響をみると, B-36 をのぞいて各チップとも大体歯数の多い方が寿命は長いようで, これは歯数が多いほど, 挽き面の単位長さにあたる歯数も多くなつて表面がよくなるためと考えられる。

マイターソーDによる挽き肌はきわめて平滑で, その点から判定すれば耐久性が大なるかのようであるが, 実際には早期にやけや挽き曲りを生じて現実の寿命は最も短かつた。このような場合には, 挽き肌のやけが判定拠点となるべきであろう。

普通円鋸Eでは, 最初から挽き肌はよくなくてIIであつたが, 耐久性はマイターソーより長かつた。

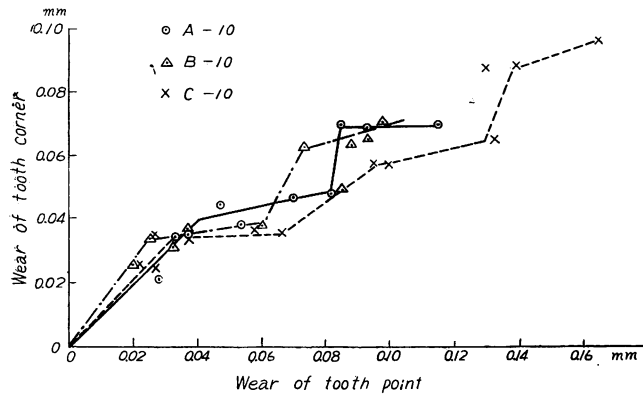
3.6 各測定因子間の関係

以上のように超硬チップソーの挽材摩耗試験について, 歯端およびアサリの切先の摩耗量, 挽材所要動力, 挽き面のアラサおよび挽き肌の状態についてそれぞれ測定, 観察を行なつた。しかしながら, 挽材による鋸歯の摩耗によつて動力も増加し, 挽き肌も悪くなるわけであるから, これらの各因子の間にはなんらかの相互関係があるものと推定され, 2, 3 の考察を加えた。鋸歯の寿命と関連しての比較は後にゆずり, ここでは各因子間の直接の関連について述べる。

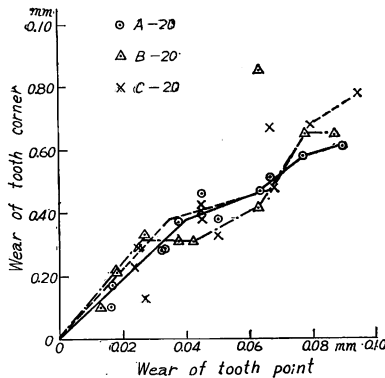
(1) 歯端摩耗量とアサリの切先の摩耗量の関係

歯端摩耗量とアサリの切先の摩耗量との関係は Fig. 12 のようになつた。

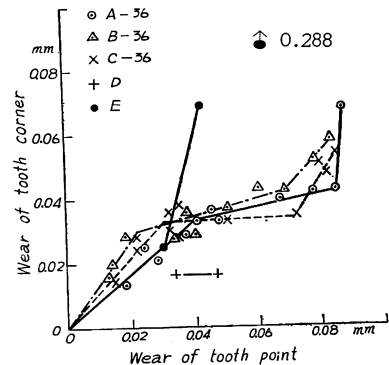
これらの関係は, 全体としては上方に凸な放物線に近い。しかし, 個々の鋸についてみると, どの歯数の場合もその関係が階段状をなしており, ある期間歯端の摩耗が進む間, アサリの切先の摩耗は一定か,



12-1 (歯数 10 枚 Saws of 10 teeth.)



12-2 (歯数 20 枚 Saws of 20 teeth.)



12-3 (歯数 36 枚 Saws of 36 teeth.)

Fig. 12 歯端摩耗量とアサリの切先の摩耗量の関係
Relation of wear of tooth point to wear of tooth corner.

きわめて徐々に進行し、歯端の摩耗がある程度すすむと、アサリの切先は急激に摩耗する。このような現象をくりかえしていくようで、Fig. 7 の歯端の摩耗が連続的に進行するのに対して、Fig. 8 のアサリの切先の摩耗が段階的になることがこのことを示している。そして Fig. 12 の各歯数における曲線は、だいたい一致している。すなわち、アサリの切先の摩耗量はチップの材質、歯数に関係なく 0.035 mm 、 0.65 mm 付近で一定となり、C-10 では 0.09 mm 付近においても一定となる。これらの状態のときの歯端の摩耗量とその区間は、どの鋸についてもほぼ同様である。このように摩耗の過程は歯数すなわち切込み深さによつて変わらないが、摩耗の進行は切込み深さが大になるほど早くなるようである。

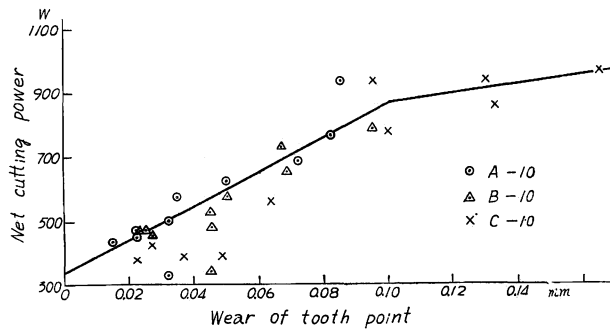
(2) 歯端摩耗量と挽材所要動力の関係

挽材にともなう歯端摩耗量の経過と挽材所要動力の経過とは、互いに類似している。それで、両者の関係について求めた。その結果は Fig. 13 に示すようである。

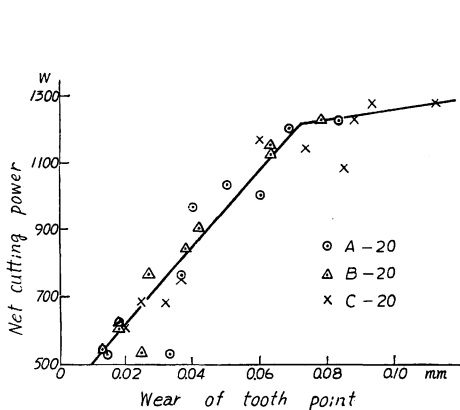
これらの関係はチップの材質に関係なく、歯数の等しいものについては同一の 2 本の直線によつて表わされた。

この実験式は次のようである。

第 1 次の直線部については



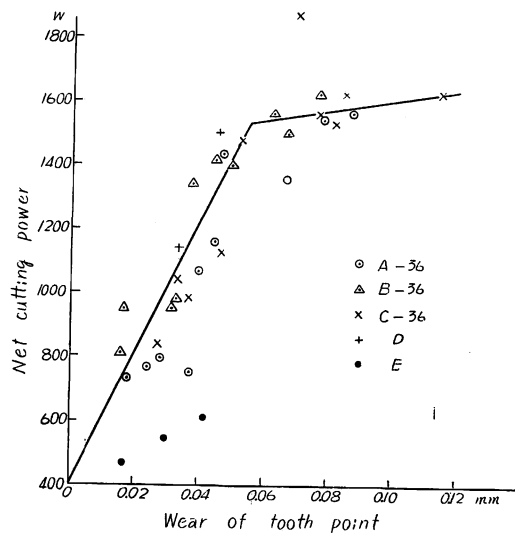
13-1 (歯数 10 枚 Saws of 10 teeth.)



13-2 (歯数 20 枚 Saws of 20 teeth.)

Fig. 13 歯端摩耗量と挽材所要動力の関係

Relation of wear of tooth point to net cutting power.



13-3 (歯数 36 枚 Saws of 36 teeth.)

$$\left. \begin{array}{ll} \text{歯数 10 枚の場合} & P = 340 + 5325W \\ \text{〃 20 〃} & P = 390 + 11500W \\ \text{〃 36 〃} & P = 400 + 20455W \end{array} \right\} (2)$$

第 2 次の直線部については

$$\left. \begin{array}{ll} \text{歯数 10 枚の場合} & P = 720 + 1500W \\ \text{〃 20 〃} & P = 1110 + 1500W \\ \text{〃 36 〃} & P = 1450 + 1500W \end{array} \right\} (3)$$

ここで P : 挽材所要動力 (W), W : 歯端摩耗量 (mm) である。

すなわち挽材所要動力は歯端摩耗量に対して直線的に増大し、その増加率は歯数の多い方が大きい。そして歯端摩耗量がある値に達するとその増加率は急に減じるが、そのときの増加率は歯数に関係なく同じである。この変曲点は歯数の多いほど歯端摩耗量の小なる側で生じ、そのときの挽材所要動力は歯数の多い方が高い。

また、 $W=0$ では歯端が摩耗していない場合の挽材所要動力を示すことになり、歯数の多い方が高くなっている。実際には研磨が理想どおりには行なわれないことや、試験材切削時に摩耗することのために、

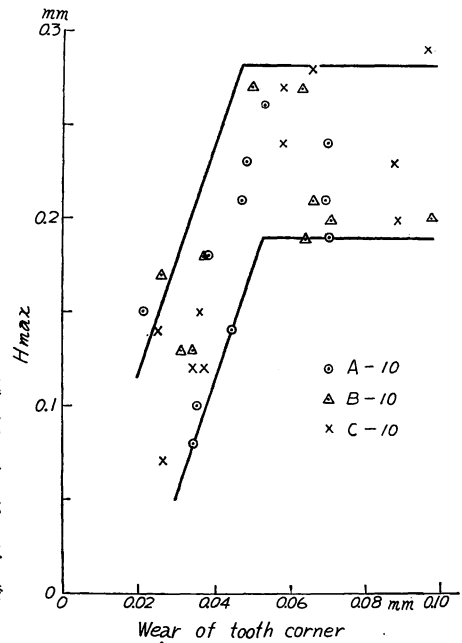
挽材長 0 でも所要動力はこれより大になつた。

挽材所要動力には、歯端の摩耗のほかにはアサリの切先の摩耗も影響するわけであるが、本実験ではアサリ幅が大きいのでアサリの切先の摩耗の影響が相対的に小さく、また歯端とアサリの切先の摩耗も概括的には比例の関係があると思なせるので、挽材所要動力が歯端摩耗量のみの関係として表わされるのであろう。

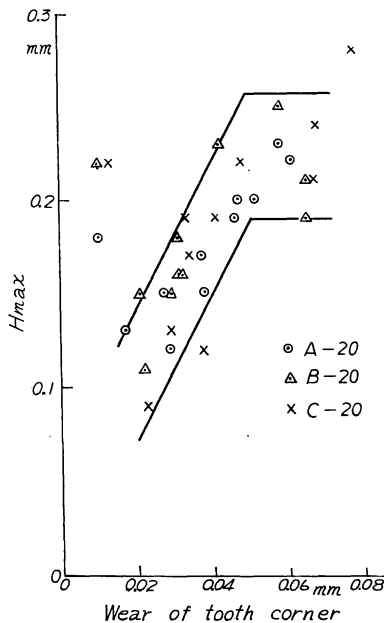
(3) アサリの切先の摩耗量と挽き面のアラサの関係

アサリの切先の摩耗量と挽き面のアラサとは、挽材にともなう経過曲線において一定になる部分があり、似ている点がみられるので、両者の関係を調べた。この関係は Fig. 14 のように示される。ここでいう H_{maz} は、母材側の面についてである。

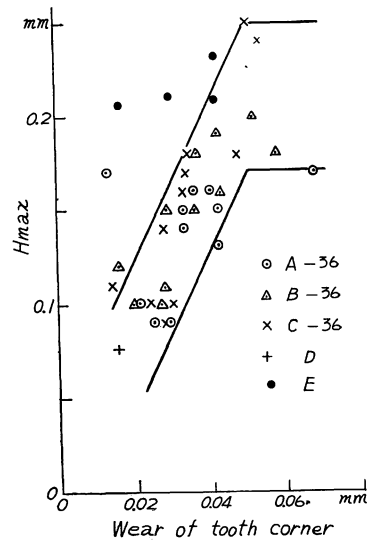
この結果は相当バラツキがあるけれども、アサリの切先の摩耗量の小さい範囲をのぞいて、概括的には H_{maz} は摩耗量に比例的に増加し、ある程度摩耗が進むとあまり変わらなくなるようである。そして、比例部分の傾斜および一定になつた時の値は、鋸歯数の多い方がともに小なるようで、歯数の多い方が挽き面がよくなることと一致する。一定に達した時の H_{maz} は歯数によつて異なるが、だいたい 0.18~0.28 mm で



14-1 (歯数 10 枚 Saws of 10 teeth.)



14-2 (歯数 20 枚 Saws of 20 teeth.)



14-3 (歯数 36 枚 Saws of 36 teeth.)

Fig. 14 アサリの切先の摩耗量と H_{maz} の関係
Relation of wear of tooth corner to H_{maz} .

ある。

鋸による挽き面は鋸歯の側面切削によつて生ずるのであるから、アサリの切先の摩耗と挽き面のアラサに関係があることは容易に想像される。

3.7 鋸歯の使用限界と再研磨

超硬チップソーの挽材について歯端およびアサリの切先の摩耗量、挽材所要動力、挽き面のアラサおよび挽き肌の状態を測定、観察してきたが、これはそれらの因子の経過と同時に、それらから摩耗による使用限界を判定することが一つの目的であつた。それで各測定因子の経過曲線から、指標となる変化点を求めてみた。それらは次のような点になる。

- (a) 歯端摩耗における第 1 期摩耗の終了点
- (b) アサリの切先の摩耗における第 1 次定常期の終了点
- (c) 挽材所要動力における変異点
- (d) 挽き面アラサにおける第 1 次定常期の終了点
- (e) 挽き肌の等級 IV の出現した点

これ以外にも変化点はあるが、その出現の共通性などを考えて以上の 5 点を判定の基準にした。これらの基準点の発生時期とそれらの間の関係は、Fig. 11 の中に示した。

この結果から、まず挽き肌 IV の出現点とアサリの切先摩耗の変化点が比較的良好に一致することが知られる。これは挽き肌が鋸歯の側面切削によつて形成されることから、アサリの切先部分が挽き肌と密接な関連があるであろうことは容易に想像される。多少ずれていることは、変異点付近では実際には曲線的に変化している、アサリの切先の摩耗の測定間隔と、挽き肌のそれとのちがいがなどの理由が考えられる。

つぎに歯端の摩耗と挽材所要動力の変化点は挽き肌との関連は見られないが、両者はよく一致している。このことはすでに前に述べたように、両因子には一定の関係があることから当然と考えられる。

挽き肌アラサの変化点は、おおむね挽き肌等級 I の範囲にあり、これは挽き肌の良い時期を規定するのではないと思われる。すなわち、切削初期には挽き肌のけば立ちはあまり生じないので、挽き面のアラサの良否がそのまま視覚上の挽き肌の良否に一致するのであろう。

以上のように、とり上げる因子によつてその変化点が異なっている。したがつて、鋸歯の使用限界を判定する基準としてどれを採用するかが問題になるが、結論的にいえば多少定性的ではあるけれども視覚による挽き肌の状態を観察することが、実用的な製品価値という観点から最も有効なようであつた。歯端またはアサリの切先の摩耗は切れ味低下の直接原因であるが、摩耗量自身からは再研磨する量の多少を知る程度である。その変化点から摩耗速度が増加するため、再研磨の場合に少し不利になることを示すにすぎない。挽材所要動力についても、変化点以後は動力の増加率が大になることを意味するのみで、実際の限界としては鋸機械の動力容量との関連において問題になるであろう。

この点では、実用的に見て製品品質によつて判定することが最も妥当と考えられる。したがつて、挽き面のアラサと挽き肌の状態が基準となるが、挽き面のアラサは切削初期の鋸歯の切れ味の良好な間は視覚による判定とも合うようであるが、鋸歯の切れ味が低下してけば立ちが生ずるようになると、光切断法によつてけば立ちは表現できないので、視覚による判定と異なつてきており、また、 H_{max} の経過曲線もバラツキが大きく不規則で、摩耗が大になると値があまり変化しなくなる。

以上のことから、ここでは視覚による挽き肌の状態の判定によつて鋸歯の寿命の限界の基準をきめた。

この場合、挽き肌が IV 等級になった時期をとつたが、挽き肌に対する要求度の高い時は等級 II, III に達したときをもつて限界となるであろうし、また、ただ鋸断のみを目的とするのであれば、まだ A, B は鋸断可能であり、その必要性に応じて使用限界が変わることはいうまでもない。

また前に述べたように、アサリの切先の使用限界点と挽き肌の限界とは一致したから、アサリの切先の摩耗の第 1 次の一定期間の終点をもつて表示してもよいと思われる。ただこの際、挽き肌の形成ということから考えて、各鋸の定常期における摩耗量がほぼ一致していたことから、第 1 次の一定期間の終点というよりアサリの切先の摩耗量がある一定値に達した時期に挽き肌もわるくなると考えた方が事実に近いのではなかろうか。

各測定因子からみたそれぞれの使用限界点における値を Table 9 に示す。これらはどれも、だいたい測定因子ごとに似た数値となる。挽材所要動力は函数によつて異なるが、同じ函数ではほぼ等しい数値を示す。前述のように挽き肌 IV に達したときとアサリの切先摩耗の変化点はほぼ一致するが、このときのアサリの切先の摩耗量は約 0.037 mm である。また挽き肌 I の限界は挽き面アラサ H_{max} が 0.10mm くらいであることが知られる。

また、挽き肌が各等級に達した時の測定因子の数値を Table 10 に示す。同表最下段の平均は超硬チップソーについてのものである。ただし、挽材所要動力は、函数によつて異なるので算出しなかつた。個々には大分バラツキもあるが、各挽き肌の各等級に達したときの各因子の数値はだいたいこの平均値を示すものと考えてよい。ただし、この表の値は各等級に到達した時点の直後の測定値をとつたので、測定までの間に摩耗が進行するため大きめの値を示しており、特にアサリの摩耗量は Table 9 より異なっているのはこのためである。

各チップの寿命を比較するために、普通円鋸を基準として挽き肌等級 IV に達するまでの挽材長の比率を Table 11 にかかげる。挽材樹種が途中で変わつているから、この数字は厳密な意味のあるものではないが、参考のために求めた。切削ははじめからの挽材長と、鋸歯に対する摩耗性の強いマンガンノロを挽材してからのもとのについて比較した。これによれば、超硬チップソーは普通鋼の鋸にくらべて耐久性は高く、特に鋸歯に対する摩耗性の強い材料に対して著しく有効であり、またチップのカタサの大なるほど耐久性がある。

Table 9. 各測定因子の摩耗限界点における値
The values of each factor at its critical point of wear.

鋸 Saw	歯 端 摩 耗 量 Wear of tooth point	アサリの切先摩耗量 Wear of tooth corner	挽 材 所 要 動 力 Net cutting power	挽 き 面 の ア ラ サ H_{max}
	mm	mm	W	mm
A—10	0.035	0.032	520	0.10
A—20	0.043	0.037	860	0.10
A—36	0.048	0.038	1,200	0.09
B—10	0.048	0.036	540	0.09
B—20	0.030	0.032	760	0.11
B—36	0.038	0.038	1,100	0.11
C—10	0.029	0.036	420	0.12
C—20	0.030	0.036	710	0.13
C—36	0.038	0.046	1,080	0.08
平 均 Mean	0.038	0.037	—	0.10

Table 10. 視覚によるアラサ等級と各測定因子との関係
Relation of sawn surface grade to values of measured factors.

測定項目 Measured item	歯先摩耗量 Wear of tooth point (mm)			アサリ摩耗量 Wear of tooth corner (mm)			挽材所要動力 Net cutting power (W)			アラサ H _{max} Roughness (mm)		
	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV
挽き肌の等級 Sawn surface grade												
A—10	0.032	0.035	0.072	0.030	0.028	0.035	328	540	625	0.11	0.20	0.19
A—20	0.033	0.040	0.060	0.027	0.029	0.043	531	968	1,000	0.10	0.16	0.16
A—36	0.037	0.040	0.068	0.029	0.029	0.042	750	1,157	1,546	0.09	0.12	0.13
B—10	0.045	0.045	0.068	0.034	0.038	0.048	468	484	578	0.11	0.15	0.21
B—20	0.025	0.027	0.063	0.029	0.032	0.042	609	484	906	0.16	0.19	0.23
B—36	0.033	0.045	0.067	0.029	0.046	0.051	953	1,421	1,500	0.13	0.19	0.17
C—10	0.037	0.067	0.095	0.034	0.036	0.058	390	562	—	0.12	0.15	0.29
C—20	0.032	0.050	0.060	0.031	0.037	0.038	681	750	1,170	0.13	0.18	0.31
C—36	0.037	0.053	0.070	0.035	0.038	0.047	984	1,484	1,875	0.10	0.25	0.24
D	0.082	—	—	0.026	—	—	1,500	—	—	0.08	—	—
E	—	0.042	0.432	—	0.069	0.165	—	609	1,031	—	0.22	∞
平均 Mean	0.035	0.045	0.069	0.031	0.035	0.045	—	—	—	0.12	0.18	0.21

Table 11. 各鋸の寿命の比較
Comparisons of durations of saws.

円鋸 Saw	A-10	A-20	A-36	B-10	B-20	B-36	C-10	C-20	C-36	D	E
比率(最初より) Ratio (From the bigning)	5.7	7.7	8.3	5.7	6.3	6.3	1.7	1.7	2.3	0.3	1
比率(マンガシノロ切削後) Ratio (After sawing of Mangasinoro)	118	168	184	118	134	134	18	18	34	—	1

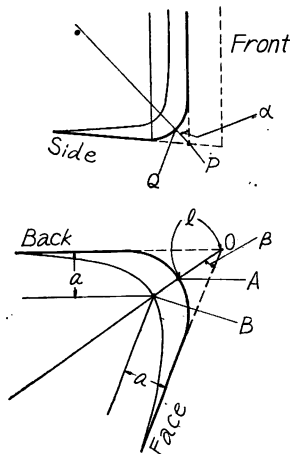


Fig. 15 摩耗した鋸歯
の再研磨量
Depth of grinding on
worn tooth.

つぎに鋸歯の再研磨について考えてみると、摩耗した歯先は再研磨して摩耗前と同じ形態にもどさなければならない。この再研磨では歯喉面、歯背面、側面の3面について研磨するわけであるが、ここでは歯喉面と歯背面を研磨するものとして再研磨量を考えてみた。これは鋸歯側面を研磨することは、アサリの出が 0.5 mm 程度ですぐに使用できなくなるので、実際的ではないからである。

摩耗量と再研磨量との関係は、Fig. 15 のようになる。簡単のために歯端およびアサリの切先の摩耗形態をそれぞれ鋸歯面に接する円弧とし、鋸歯側面の摩耗線の頂点 B (歯端角の二等分線上にあると仮定する) まで歯喉面、歯背面を研磨するとすれば、その研磨の深さはともに a となる。したがって

$$a = \overline{OB} \sin \beta$$

$$= l \sin \beta + \overline{AB} \sin \beta$$

l は歯端摩耗量で、 $\overline{AB}$ はアサリの摩耗による研磨量である。よってアサリの切先の摩耗量 $m (=PQ)$ との関係の求めると、 P と A が一致すると仮定して、

$$\overline{AB} = 2m(1 + \sin \alpha) \frac{\sin \alpha}{\cos \beta}$$

ここで $\alpha = 43^\circ$, $\beta = 30^\circ$ とすれば, 以上の関係から,

$$a = 0.50l + 1.32m$$

摩耗限界に達した時の l , m をそれぞれ 0.070 , 0.045 mm とすれば,

$$a = 0.084 \text{ mm}$$

となる。すなわち歯喉面, 歯背面をともに 0.084 mm 研磨すれば, 鋭利な歯が再生する。

また, 再研磨の可能な回数を考えてみると, 研磨の限界となるのはチップの長さより厚さであるから, チップの厚さが 1 mm まで切削可能として, 国産のチップの厚さは普通厚さ 2 mm とすれば, 鋸断可能の厚さの範囲は 1 mm であるから, 再研磨回数は約 12 回となる。

以上の計算は種々の仮定条件が含まれるから, 実際とは異なっている。歯背側の研磨量を大にすれば, 再研磨回数もおそらく増すことと思われる。また実際には側面も再研磨するようで, わが国のチップソーの再研磨回数は現実には 15 回程度といわれる。

IV 摘 要

超硬チップソーについて鋸歯の仕上げ精度を調べ, また鋸歯の耐久性を知るために挽材摩耗試験を行なった。供試したチップの材質は外国製 1 種, 国産品 2 種で, 歯数は各材質について 10, 20, 36 枚の 3 種の円鋸を製作した。別に, 比較のために普通鋼のマイターソー, 普通円鋸も試験した。挽材樹種はマンガシノロを主として, そのほか 3 樹種を用いた。一定量挽材ごとに歯端およびアサリの切先の摩耗量, 挽材所要動力, 挽き面のアラサの測定, および視覚による挽き肌の観察を行なった。その結果を要約するとつぎのようである。

(1) 超硬チップのカタサは, 当然であるがその材種によつて異なつた。そしてチップの材質は円鋸製造者によつて違っている。

(2) 鋸歯の歯角, アサリ幅などの歯型要素の仕上げ精度は外国品, 国産品ともに大差はない。

(3) 鋸歯側面からみた摩耗歯先の頂点の軌跡は, 歯端角の 2 等分線上ないしそれから歯喉側 10° ぐらいまでの範囲にあつた。

(4) 歯端摩耗量と挽材長との関係は両対数グラフで, 直線で示され, 途中でその方向をかえる折線となる。その変化点は, カタサの低いチップの方が少ない挽材長で現われる。この変化点における摩耗量は材質, 歯数にかかわらず $0.03 \sim 0.05 \text{ mm}$ の範囲である。摩耗量の絶対値はカタサの低いチップの方が大であつた。また歯数や挽材樹種の影響は少ないようであつた。

(5) アサリの切先の摩耗も両対数グラフで折線で示され, 増加部分の間に一定になる時期が見られ, このときの摩耗量はチップの材質, 歯数に無関係で, $0.03 \sim 0.05 \text{ mm}$ であつた。摩耗の絶対量は, 歯端摩耗の場合と同じくカタサの低い方が大きい。

(6) 挽材所要動力と挽材長との関係は両対数グラフで 2 本の直線で示される。チップの材質別では鋸 C が最大で, A, B は低く, かつこの両者には差が見られなかつた。また同じ材質のチップでは, 歯数の多いほど挽材所要動力は大なる値を示した。

(7) 挽き面の最大アラサは挽材長に対し複雑な変化を示すが, 一般に切削開始後アラサは一度低くな

り、その後増大するが、中間で一定となる期間が存在する。アラサは各歯数とも鋸A, B, Cの順に大になつた。

1回の挽材において挽き面のアラサは挽板側より母材側の方が小なるようで、これはアサリの精度のほかに挽板が母材に比して不安定なことが影響していると考えられる。

(8) 挽き肌に関して視覚によつてその状態を観察し、良好な方から I～IV の4階級に分類した。ここで挽き肌 IV に達した時期を比較すると、鋸Aが最も挽材長が大でBがそれよりやや短く、Cは著しく短かつた。また同じ材質のチップでは、歯数の多い方が長い傾向を示した。

マイターソーは挽き面は平滑であるが、早くからやけを生じ、普通円鋸は挽き肌はわるいが、マイターソーよりは鋸断可能挽材長は大であつた。

(9) 各測定因子間の相互の関連についてみると、アサリの切先の摩耗量は歯端摩耗量に対し、比例的増加と定常期とをくりかえす段階的な関係を示し、これはチップの材質、鋸歯数にかかわらず同じ曲線上にあるようである。

挽材所要動力は歯端摩耗量に対し直線の関係として示され、両者は関連性をもっている。

挽き面のアラサはアサリの切先の摩耗量に対して、摩耗量の小さい間はおおむね比例的で、摩耗が一定値になるとその増加率は低くなるようであつた。

(10) 超硬チップソーの鋸歯の摩耗限界の判定基準になる点として次の5点が考えられた。

- a) 歯端摩耗における変化点
- b) アサリの切先の摩耗における第1次の一定期間の終了点
- c) 挽材所要動力における変化点
- d) 挽き面アラサにおける第1次の一定期間の終了点
- e) 挽き肌の等級 IV の出現した点

これらのうち、a) と c), b) と e) とはそれぞれ比較的一致する傾向を示した。

鋸歯の摩耗限界としては、実用的な商品価値という点から考えて、定性的ではあるが視覚による挽き肌の状態の判定(e)を採用した。

この寿命の比較において超硬チップソーは普通鋼の鋸歯にくらべてはるかにすぐれているが、特に歯先を摩耗させやすい樹種に対してその差異は顕著である。

また同じ超硬チップソーについても、チップの材質の硬いものの方が使用限界は大であつた。

(11) 挽き肌が等級 IV に達したときの摩耗量は鋸歯の材質、歯数に関係なくだいたい一定のようで、歯端摩耗量 0.07 mm, アサリの切先の摩耗量 0.045 mm 程度であつた。これらから再研摩量を計算すると歯喉側、歯背側ともに 0.084 mm となる。

文 献

- 1) DINGLINGER, F.: Wirtschaftlichkeitfragen beim Einsatz von Hartmetallwerkzeugen in Holzbearbeitungsindustrie, Holz als R. u. W., 10, 2, (1952) p. 43～51.
- 2) HADT, H.: Hartmetallbestückte Kreissägeblätter für die Holz- und Kunststoffindustrie, Holz als R. u. W., 18, 12, (1960) p. 468～473.
- 3) BEROLZHEIMER, C. P. and BEST, C. H.: Improvements through research on thin circular saw

- blade, F. P. J., 9, 11, (1959) p. 404~412.
- 4) WALTER, G. m. b. H.: The influence of working conditions on the circular saw blade of hardmetal, Technische Mitt. H₃ (1955) C. S. I. R. O., Translation No. 3066, (1956).
 - 5) 田中義信: 精密工作法の諸問題 (18) 機械の研究 8, 10, (1956) p. 1060~1062.
 - 6) JIS G 4401.
 - 7) JIS G 4404.
 - 8) JIS B 4802.
 - 9) 森 稔・星 通: プレーナーによる木材の面仕上げ(1) 切削面のアラサについて, 林試研究報告 119, (1960) p. 79~93.
 - 10) 木下直治: 超硬チップソーの寿命に関する研究, 木材工業, 13, 11, (1958) p. 554~558.
 - 11) 竹山秀彦: 切削における 切削速度の影響 (第3報) G系カーバイド工具の寿命解析 (その一), 精密機械, 29, 8, (1955) p. 304~308.
 - 12) 枝松信之・大平 裕: 鋸歯の歯角と挽材による摩耗性, 木材学会誌, 3, 2, (1957) p. 67~70.
 - 13) ENDERSBY, H. J.: The performance of circular plate saw, Forest Products Research Bulletin, 27, (1953).
 - 14) 花井 優・遠藤 隆・保田近夫・浅羽幸雄: 木工用丸鋸の刃型に関する研究 (第1報), 静岡県総合技術研究報告 (1959).

The Blunting of Tungsten Carbide Tipped Circular Saws.

Kiyata YAMAGUCHI and Tsuneo AOYAMA

(Résumé)

Tungsten carbide tipped circular saws have been developed recently and used widely in the woodworking industry. In this experiment several tungsten carbide tipped saws were tested with regard to the accuracy of saw tooth dimensions and the duration of useful life. The saws. A were manufactured in Germany, and B, C in Japan. A hollow-ground rip saw D and an ordinary springset saw E were also tested in order to compare with carbide tipped saws. The diameters of all saws were 305 mm, and the dimensions of saw tooth are shown in Table 1.

The wear of tooth point, wear of tooth corner, net cutting power and roughness of sawn surface were measured at definite intervals of sawing. The definition of the above two wearing: extents and the measuring methods of surface roughness are illustrated in Figs. 2, 3 and 4. The experimental equipment is shown in Photo. 1.

The properties of experimental material are described in Table 3. All testpieces were in air-dry condition, and the length of each piece was 400 mm, its thickness 30 mm. But Todomatsu testpiece for measuring net cutting power was 10 mm thick.

The rotation of sawblade was 3,000 r.p.m. and feed rate of saw spindle in cutting was 0.27 m/s. The distance between the center of saw spindle and the table on which the workpiece was fixed was 135 mm.

Results

The hardness of tungsten carbide tips and sawblades are shown in Table 4. The hardness of tips varied according to their sorts. The accuracies of saw tooth dimensions were not much different among the tipped saws (Table 6).

Fig. 5 illustrates some examples of the wearing tooth points. The edge of worn tooth moved.

on the bisector of sharpness angle or slightly deviated to the face of tooth (Fig. 6).

The relation of amount of timber sawn to wear of tooth point were shown in two straight lines on the logarithmic graph (Fig. 7) and the experimental formulae could be written in equation (1), which constants are obtained in Table 7. The inflexion point of softer tip appeared at the less amount of timber sawn than the harder tips. The wear at the inflexion point was $0.03 \sim 0.05 \text{ mm}$ without regard to the quality of tip and number of teeth. The softer tip wore faster than the harder one.

Fig. 8 shows the relation of amount of timber sawn to wear of tooth corner, having constant periods between increasing ones, and the wear of constant period was $0.03 \sim 0.05 \text{ mm}$ in every saw. The amount of wear was more on the softer tip than on the harder one.

The relation of amount of timber sawn to net cutting power is shown in Fig. 9, having two straight lines on every saw. The saws C consumed more power than the saws A and B, and the latter two had little difference between them. Among tipped saws of the same quality, the more the number of saw teeth, the higher the net cutting power. The roughness H_{max} of sawn surface on Todomatsu, which indicates the distance between the highest point and the lowest one on the surface, decreased at first, then increased with amount of timber sawn, but constant period appeared during cutting and its curves are complicated (Fig. 10). Among saws of the same tooth number, H_{max} showed the highest values in the saw C, next B, and the lowest in A.

The roughness of sawn surface on the workpiece side was smaller than that on the sawn timber side, probably because of both the inaccuracies of setting dimensions on the sawn timber side and instability of timber sawn (Table 7).

In order to obtain the limit of the cutting life of saw tooth, the sawn surfaces of Todomatsu testpiece were observed by visual inspection and classified into 4 grades of I, II, III, IV according to its quality. Grade I was the best, smooth and cut sharply. Grade II was normal, but showed tooth marks somewhat obviously. Grade III was a little poor, and woolly fibers were lifted slightly. Grade IV was very poor, and had many woolly fibers and the detachments of wood on the lower edge of sawn timber appeared (Photo. 3). The grade of sawn surface changed to lower with increasing amount of timber sawn.

The saws C dropped grades most rapidly, but A and B comparatively slowly (Fig. 11). Among the saws having the same quality tip, the more the saw tooth, the slower the lowering of grade. The hollow-ground rip saw D revealed smooth sawn surfaces, but burning on the sawn surface appeared soon after cutting, and the duration of useful life was the shortest. The ordinary springset saw E showed poor surface at first, but continued sawing until Manggasinoro, the very abrasive species, was sawn.

The wear of tooth corner increased with the wear of tooth point, including constant stages in curves (Fig. 12).

The net cutting power had a close relation with the wear of tooth point (Fig. 13).

The roughness H_{max} was approximately proportional to the wear of tooth corner at first, and then showed a constant stage after the wear became remarkable (Fig. 14).

As the indicator of the limit of useful life, We took up the next five points.

- (a) Changing point of curves of the wear of tooth point.
- (b) End point of the first constant period of the wear of tooth corner.
- (c) Changing point of curves of the net cutting power.

- (d) End point of the first constant period of H_{msz} .
- (e) Point of appearance of grade IV on sawn surface.

Their occurrences are shown in Fig. 11, and their values in Table 8.

As the limit of useful life (e) was adopted from the practical standpoint. Table 9 indicates obtained values of measuring factors at the appearance of each grade.

The harder the tip, the longer the duration of useful life. The tungsten carbide tipped saws especially were effective for sawing of the abrasive species in comparison with usual steel saws (Table 10).

The wear of tooth at the appearance of grade IV were almost similar without regard to quality of tip and number of teeth. The wear of tooth point was 0.07 mm and that of tooth corner 0.045 mm .

The depths of grinding of worn tooth calculated from the above data are 0.084 mm on both the face and the back (Fig. 15).