パーティクルボードの旋削における超硬チップの摩耗*

奥村正悟** 杉原彦一*** 横山幸明****

Wear of Carbide Tips in the Turning of Particleboard

by

Shogo OKUMURA, Hikoich SUGIHARA

(Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto)

and Yukiaki YOKOYAMA

(Toyama Factory, Daiken Trade & Industry Co. Ltd., Shinminato)

In order to examine the wear of tungsten carbide saw tips, laminated experimental blocks of particleboard were interruptedly or continuously turned with a single saw tooth tipped with fine, F, medium, G, and coarse, H, grained carbide. The wear of the cutting edge was observed using a light and a scanning electron microscope, and the four wear parameters and the three cutting force components were measured.

The cutting edge of carbide tip wore more on the back face than on the front face, irrespectively of the kind of tip and the method of cutting. The back wear land surface showed a smoother appearance than that of the front face, and for tips F and G striations and grooves developed in the cutting direction on it. In both interrupted and continuous cutting, tip H wore and blunted most among three kinds of tips. Tip G had a constant higher wear resistance, particularly in continuous cutting. Tip F showed a higher performance in interrupted cutting, although its back wear land was relatively wide. It was concluded that the impact in interrupted cutting does not accelerate the wear of carbide tip so much, but some unknown factor in continuous cutting affects more strongly its wear and blunting.

(Received Nov. 29, 1980)

キー・ワード：超硬合金，チップソー，摩耗

1 緒 言

木材、木質材料の切削に最もよく使われているチップソー（超硬合金付刃丸鋸）の摩耗に関しては、鋸の寿命、超硬チップの材種、刃先の形状、被削材、切削速度等の観点から既にいくつかの報告がある。しかし刃先の摩耗形態の詳細な観察や切削力の測定から、その摩耗機構を解明しようとする研究は、実験上の困難さもあって未だ少い。この実験上の難点を克服する方法の一つとして、単一鋸歯を用いた摩耗試験が試みられ、チップソーの鋸歯についても報告がある。単一鋸歯を用いた切削では、被削材を工夫することにより、鋸挽類似の断続切削をさせ得るが、最近の研究では、超硬合金のような比較のりい工具材料の摩耗は、切削長よりもむしろ被削材との衝突回数に密接に関係していることが報告されている。

そこで本研究では、チップソーの摩耗に関する研究の一環として、タングステンカーバイド (WC) 粒子の大きさの異なる3種類の超硬チップをそれぞれ付刃した単一鋸歯を旋盤バイトとして用い、パーティクルボードの被削材ブロックを断続的および連続的に旋削して刃先の摩耗量、切削力、摩耗形態を測定、観察し、超硬チップの摩耗に及ぼすチップ材種と刃先に加わる衝撃の影響について検討した。

2 実 験

2・1 装置

切削はすべて金属用旋盤で行った。主軸に被削材を固定して回転させ、刃物台に鋸歯をバイトホルダーと工具動力計を介して固定し、送りを与えた (Fig. 1)。

2・2 被削材

単層パーティクルボード（厚さ 17 mm）を酢酸ビニル樹脂で積層して被削材とした。積層枚数は断続切削用が 6 枚、連続切削用が 13 枚である。積層後幅 80 mm に鋸断し、旋盤で回転径が断続切削用 (Fig. 2) は約 230 mm、連続切削用 (Fig. 1) は約 215 mm に削って

* 原稿受理 昭和55年11月29日

** 京都大学農学部 京都市左京区北白川追分町

*** 正 会 員 京都大学農学部 京都市左京区北白川追分町

**** 大建工業(株)富山工場 新湊市堀江千石

Fig. 1. Experimental setup for continuous cutting.

Fig. 2. Schematic illustration of experimental setup for interrupted cutting. F_1 , F_2 and F_3 refer to principal, perpendicular and lateral components of cutting force, respectively.

被削材ブロックとした。積層後のブロックの比重は平均 0.74, 含水率は平均 8.9%であった。

2・3 工具

試験用チップソー(直径 305 mm, 鋸身の厚さ 2 mm)から歯部を切り取って切削工具とした (Fig. 2)。超硬チップは Table I に示した 3 種類で, 既報と同一種類である。チップ G は通常の WC 粒子の大きさに K10 相当, F は超微粒, H は粗大粒子の超硬合金である。3 種類のチップでそれぞれ断続と連続切削をしたので計 6 個の鋸歯を用いた。チップの歯型は最も単純で, いずれも刃先角 60° , 歯端幅(あさり幅) 2.8~3.0 mm, 側面に対する逃げ角は逃げ面側 $1.9\sim 2.7^\circ$, すくい面側 $0.4\sim 1.3^\circ$ である。すくい角は $15\sim 18^\circ$ とな

Table I. Properties of carbide saw tips used, F, G and H.

Tip	Mean grain size (μm)	Cobalt content (%)	Hardness* H_V	Transverse rupture strength (kg/mm^2)
F	0.5	13	2 000 1 860	260
G	1.5	6	1 790 1 780	210
H	5.0	6	1 590 1 390	200

* upper : for interrupted cutting. lower : for continuous cutting.

るように取り付けた。

2・4 切削方法と切削条件

Fig. 2 に断続切削の方法を示すが, 連続切削の場合も被削材の形状以外は同一条件である。主軸回転数は 1 232 rpm, 切削幅 2.5 mm, 切屑厚さ (1 回転当りの送り) 0.087 mm, 鋸歯送り込みの最大深さ 15 mm, 平均切削速度約 13 m/sec である。なお鋸歯の片面は露出している。

2・5 切削力と摩耗量

切削力は円盤型の 3 成分工具動力計によって主分力 (F_1), 背分力 (F_2), 横分力 (F_3) を測定し (Fig. 2), 電磁オシログラフに記録した。

刃先の摩耗量は, 鋸歯のすくい面と逃げ面にそれぞれ垂直な方向から撮影した刃先の金属顕微鏡写真をもとに, 摩耗帯幅 (W_f , W_b , Fig. 7) と刃先の後退量 (R_f , R_b , Fig. 7) を測定した。この際各面に微小硬度計によりあらかじめ刻印して, 後退量測定の基準点とした。刃先の摩耗状態は, 適当な切削長ごとに金属顕微鏡で観察したが, 切削前と終了後には走査型電子顕微鏡 (SEM) によっても観察した。

3 結果と考察

3・1 刃先の摩耗形態

Fig. 3 にチップ F の切削前と切削終了後 (切削長約 10 km), およびチップ G と H の切削終了後の刃先の金属顕微鏡写真を断続と連続切削の場合について示す。切削終了後はどのチップも, 切削方法を問わず, 歯の角 (被削材に常に接している側の corner) と側面から見た刃先が丸くなり, 摩耗帯 (暗く見える部分) が発達している。摩耗帯の幅は逃げ面側がすくい面側よりも広く, 各チップを比較するとチップ G が最も狭く, チップ F が最も広い。またチップ F と H の逃げ面の摩耗帯は連続切削の場合により広がっている。これらの傾向は側面の摩耗帯についても認められる。

暗い摩耗面と明るい研磨面との境である摩耗境界線は, 逃げ面と側面ではどのチップについても非常に明りょうであるが, すくい面ではやや不明りょうである。チップ F の逃げ面では境界線の凹凸が激しいが, G の場合は直線的であり, H はその中間である。摩耗刃先線のプロフィールについても同様の傾向が認められる。Fig. 3 の切削終了後の写真はアセトンで刃先を清浄してから撮影したものであるが, 連続切削したチップの場合には, これらの有機溶媒では取り除けない付着物が, 逃げ面側の研磨面の摩耗境界線に隣接した部位に常に認められた (Fig. 3)。

3 種の超硬チップの切削前の刃先の SEM 写真を Fig. 4 に示す。チップ F は WC 粒子が非常に細かく, 刃先は最も鋭利に仕上がっている。一方チップ H は粒子が粗大であるため, 刃先の部分では, この段階から

Fig. 3. Micrographs of two new saw tips (F) and six worn tips (F, G and H) after interrupted (left) and continuous (right) cutting. Cutting length, approximately 10 km. Arrows indicate acetone-insoluble substances attached to the areas adjacent to wear boundaries on back faces of carbide tips for continuous cutting.

既に個々の粒子を観察できる。

Fig. 5 は切削終了後の 6 個のチップの逃げ面側の刃先の摩耗状態を示す SEM 写真である。チップ F の摩耗面には工具材料が局部的にかき取られたような摩耗条痕が必ず認められるが、G ではその数も少く、H ではほとんど認められない。逃げ面上の研摩痕は摩耗境

Fig. 4. Scanning electron micrographs of tooth corners of three tips, F, G and H, before cutting. Note the difference in sharpness of cutting edge and the carbide grain size among three tips.

Fig. 5. Scanning electron micrographs of six tips, showing the appearances of back wear land after interrupted (left) and continuous (right) cutting. Note the development of striations and grooves on the back wear land of tips F and G, and the substances on back faces of the tips for continuous cutting (see Fig. 3).

界線まで明らかに存在し、摩耗面と研摩面との間には確然とした境界が形成されている。断続と連続切削との決定的な差は摩耗面の状態に関しては認め難いが、連続切削したチップの摩耗境界線近くの逃げ面上（研摩痕の残っている部分）には、前述（Fig. 3）の付着物が必ず認められた。

摩耗面を更に詳細に観察するため、断続切削終了後の3種のチップのすくい面、逃げ面の摩耗面の一部を更に拡大したSEM写真をFig. 6に示す。3種のチップの逃げ面側の摩耗面は、チップFとGでは前述の摩耗条痕が存在するものの比較的平滑であるが、すくい面側では摩耗面が粗く、チップHでは特に明らかなように個々のWC粒子が浮き出したように見える。Fig. 3でも指摘したように、摩耗境界線がすくい面側では判然とせず、研摩痕の段階的の消滅の傾向が認められた。摩耗面の状態、境界線の現れ方にみられるすくい面と逃げ面とのこのような差は、両面での摩耗機構

ともそれぞれ密接に関係するものと考えられる。⁶⁾

今回得られた各チップの摩耗形態の特徴は、既報の⁶⁾¹⁰⁾結果とよく一致するが、逃げ面の摩耗条痕やすくい面側の摩耗面の特徴については、パーティクルボードをフライス切削した超合金工具の観察結果においても認められている。⁸⁾

以上の観察結果から、同一切削長にもかかわらず、摩耗帯の幅、境界線の輪かく、摩耗面の状態には、チップ材種間である程度の差が認められ、摩耗の進行、特に逃げ面摩耗の進行の仕方には材種（WC粒子の大きさ）による特徴が存在するものと考えられる。⁶⁾一方チップFとHの逃げ面摩耗帯の幅、逃げ面の付着物に、切削方法による差が認められたものの、摩耗面の状態等には大きな差は認められなかった。

3・2 刃先の摩耗量

Fig. 7に切削長と各摩耗量の関係の一例を示す。断続切削したチップFの場合には、切削初期の各摩耗量が例外的に小さいが、他のすべてのチップの場合には、Fig. 7に示した連続切削したチップHのように、4種の摩耗量とも切削開始時から切削長1~2kmの間の立ち上がりが著しく、その後は比較的ゆるやかに増加する。その中では逃げ面の摩耗帯幅（ W_b ）が各チップとも常に最も大きな値をとり、増大傾向も最も顕著であった。他の摩耗量は同程度の値であるが、刃先の後退量は一般にすくい面側（ R_f ）が逃げ面側（ R_b ）よりもやや大きい。またすくい面の摩耗帯幅（ W_f ）は切削初期に急増した後ある値にlevel offする傾向も認

Fig. 6. Scanning electron micrographs of three tips for interrupted cutting, showing the surface appearances of back (upper) and front (lower) wear lands. A pair of white arrows indicates the extreme edge of each tip.

Fig. 7. Progress of edge retraction, R_f and R_b , and wear land width, W_f and W_b , of tip F in interrupted cutting (upper) and of tip H in continuous cutting (lower).

Fig. 8. Progress of back wear land width, W_b , (upper) and edge retraction measured in the plane of front face, R_f , (lower) of six tips in interrupted (int) and continuous (cont) cutting.

められた。

4種の摩耗量の中で比較的大きな値をとる W_b と R_f の測定値を、すべてのチップについて Fig. 8 に示す。刃先後退量の大きいチップは逃げ面の摩耗帯幅も概して大きい、チップ F の場合には摩耗帯幅の割に後退量が小さい。Fig. 8 で断続切削した各チップの値を比較すると W_b , R_f とも切削長のほぼ全域にわたってチップ H が最も大きい、チップ F と G については、 W_b の値は F が G よりもかなり大きく H と並ぶ値にまで達しているが、 R_f の値は F と G がほぼ同一ないし F がやや小さい。一方連続切削の場合には、 W_b , R_f の値ともほぼ全切削長範囲でチップ G が最も低く、 W_b では F, R_f では H が最も大きい。また摩耗量のチップ間での差は断続切削の場合よりもかなり大きくなっている。

同一チップ材種について切削方法による差を比較すると (Fig. 8), チップ G の W_b と R_f は両切削方法で同一ないしは連続切削の場合がやや小さい。チップ F と H の両摩耗量は明らかに連続切削の場合が断続切削の場合よりも大きく、特にチップ F の W_b ではこの差が極めて大きい。

各チップにおける摩耗量相互の関係とそこから推定される摩耗刃先の形状については、前述の観察結果とあわせて既報の結果および木材、木質材料切削工具の一般的な摩耗刃先の形状に関する報告結果とも一致する。しかし、本実験と同一チップ材種を用いたチップソーの摩耗試験結果を、本実験の断続切削の結果と比較すると、3種のチップの摩耗量の大小関係は必ずしも一致しない。特にチップ H の摩耗量が本実験ではかなり大きくなっている。この点については切削方法が

Fig. 9. Progress of three cutting force components, F_1 , F_2 and F_3 , for tips F (upper), G (middle) and H (lower) in interrupted and continuous cutting.

本質的に異なることもあり、検討が必要であろう。ちなみに3種のチップの硬さ (Table I) にはかなりの差があるが、摩耗量と硬さの明確な関係は認められなかった。

3.3 切削力

切削力の3分力 (Fig. 2) と切削長との関係を各チップについて Fig. 9 に示す。なお連続切削の場合には、被削材の積層構造のため力が周期的に変動したが、ここでは被削材半回転ごとに現れる極大値をとった。各チップの主分力 (F_1) は切削開始直後から3分力中最も大きく、初期に急増した後はゆるやかに大きくなるか、ある値で level off する傾向がある。横分力 (F_2) は切削長全域で最も小さく、切削開始時から直線的にゆるやかに上昇する。一方背分力 (F_3) は切削開始直後の小さな値から初期に急上昇し、その後も大きく増大して 10 km 切削後には F_1 と同程度、またはそれ以上の値に達する。

チップ材種ごとに各分力を切削方法で比較すると、 F_3 は両切削方法の差が小さく、チップ G と H では連続切削時の値がやや低い。 F_1 と F_2 の切削初期の立ち上がりは各チップとも連続切削時の方が著しく、その後も断続切削時の値よりも大きい値をとる。特に連続切削したチップ F の F_2 は断続切削した場合よりもはるかに大きい (Fig. 9)。

Fig. 10. Progress of F_1 (upper) and F_2 (lower), rearranged from the data in Fig. 9.

Fig. 11. Relation between perpendicular force component, F_2 , and back wear land width, W_b , (upper) and edge retraction, R_f , (lower).

チップ材種間で比較するために Fig. 9 の主分力と背分力をまとめて Fig. 10 に示す。 F_1 ではチップ H の値が両切削方法でやや大きい外はチップ材種による明確な差は認めがたい。一方 F_2 では、断続切削の場合には切削長のほぼ全域でチップ H が最も大きな値をとり、G、F と続く。また連続切削の場合にも全体的にはチップ H の F_2 が最も大きく、G が最も小さいが、チップ F は両者の中間ないしは切削終期には H よりも大きな値をとる。

Fig. 10 の F_2 の値と Fig. 8 の二つの摩耗量を対比すると、各チップ間の大小関係は必ずしも一致しない。特にチップ F の W_b と F_2 の対応が難しい。しかし全体としては各チップの大小関係、変化傾向は両図で大略一致している。したがって切削性能の低下(鈍化)の指標として背分力をとると、Fig. 8 にあげた二つの刃先摩耗量は鈍化に密接に関係する量であると考えられる。このことはこの二つの摩耗量と背分力の関係を示した Fig. 11 から明らかである。ただしチップ F にみられるように、逃げ面での摩耗が著しく進行しても刃先の鋭利さはそれほど損われず、結果的に切削力が比較的小さい場合もある。したがって刃先摩耗と切削性能の低下(鈍化)の関係には、¹⁰⁾¹³⁾¹⁴⁾ 摩耗刃先の形状とも関連して充分な注意が必要である。

4 結 言

以上から、切削方法にかかわらず刃先が最も摩耗し、鈍化も著しかったのはチップ H であった。一方両切削方法を通じて最も安定した摩耗量と切削性能を示したのはチップ G であり、特に連続切削では最も高い耐摩耗性と切削性能を示した。チップ F は切削方法による差が著しく、連続的切削では前二者の中位を占めたが、断続切削では逃げ面のかなり強度の摩耗にもかかわらず、最も高い切削性能を示した。

切削方法の影響を各チップごとに比較した場合、連続切削の方が刃先摩耗および鈍化が速く進行し、断続切削時の衝撃力が超硬チップの摩耗を特に促進する効果は認められなかった。このことは衝撃以外の他の因子が連続切削時に強く作用したためと考えられるが、この点は今後の検討課題である。

(昭和54年7月17日 第29回日本木材学会大会にて講演)

参 考 文 献

- 1) 木下直治, 木材工業, **13**, 554 (1958).
- 2) 山口喜弥太, 青山経雄, 林試研報, No. 138, 121 (1962).
- 3) Stefaniak, W., Holztechnol., **12**, 9 (1971).
- 4) 古賀達是, 七沢喜男, 木材誌, **19**, 311 (1973).
- 5) 古賀達是, 七沢喜男, 木材誌, **19**, 317 (1973).
- 6) Sugihara, H., S. Okumura, M. Haoka, T. Ohi, and Y. Makino, Wood Sci. Technol., **13**, 283 (1979).
- 7) Kröppelin, D., Holztechnol., **16**, 151 (1975).
- 8) 林 和男, 福井 尚, 小島嘉豊, 木材誌, **25**, 383 (1979).
- 9) Pahlitzsch, G., und K. Dziobek, Holz Roh-Werkstoff, **26**, 162 (1968).
- 10) 奥村正悟, 杉原彦一, 池内健治, 京大農演報, No. 50, 201 (1978).
- 11) Klamecki, B. E., Proc. 5th Wood Mach. Semin., Richmond, Calif., 5 (1977).
- 12) Pahlitzsch, G., und E. Sandvoß, Holz Roh-Werkstoff, **28**, 245 (1970).
- 13) McKenzie, W. M., and H. Karpovich, Wood Sci. Technol., **9**, 59 (1975).
- 14) 栃木紀郎, 小笠原和彦, 林大九郎, 木材誌, **24**, 85 (1978).