

サーメット, セラミック, CBNおよび人工ダイヤモンド工具の切削性能(第2報)

断続切削における摩耗特性

田中 千秋*・中尾 哲也*・高橋 徹*

Cutting performance of Cermet, Ceramic, CBN, and Artificial Diamond Tools 2.

Wear from interrupted cutting of wood-based materials.

Chiaki TANAKA*, Tetsuya NAKAO* and Akira TAKAHASHI*

This study was designed to investigate the possible use of cermets, cubic boron nitrides, ceramics, and artificial diamonds for wood-cutting tools. The performance in wood cutting of tools was examined and compared with cemented tungsten-carbide tools through observations of tool wear, and cutting noise in the interrupted turning of the core layer of particleboards. The amount of wear on clearance face, and noise level produced by turning for all tools investigated increase with the length of cut. The amount of wear was greatest on the ceramic tool which included zirconia as one of the components (A12), greater on the ceramic tool which includes silica as one of the components (A14) and on the ceramic tool (A13) than that on the cemented tungsten-carbide tool, (WC) lower on the cermet tool which included titanium-carbide as one of the components (A11) and on the cermet tool (TiN) than that on the cemented tungsten-carbide tool, and least on the cubic boron nitride (CBN) and artificial diamond (D) tools for equal lengths of cut (Fig. 3). The measured wear on the clearanceface in the interrupted turning was similar with that in the continuous turning (Fig. 2 and 3). There was good correspondence between the amount of tool wear and noise level. It is expected that these materials will be used in practice as wood cutting tools when their cutting performance is considered alone.

1. はじめに

木工用の切削加工機械は近年マイクロエレクトロニクス技術が導入され始め省力化の方向に向かっている。またより高精度の切削が要求されている。材料分野では、合板、パーティクルボード等の木質材料に金属や無機質材料を接着した複合材料、硬質木片セメント板に代表されるより硬い材料が各方面で利用されている。以上の様な諸要件のためにWC基超硬合金工具より寿命の長い木工用切削工具の出現が強く要望されている。

寿命の長い工具としてはセラミックスに代表される新素材工具が金属の切削加工の分野では早くより着目され実用に供しているが、木工用分野では近年ようやく着目されだしたばかりで、研究報告も数少ない。

本報告はセラミックス、サーメット、CBN工具等の新素材工具の木工用切削工具としての切削性能を検討す

るために、断続および連続的な旋削における工具の摩耗と騒音の挙動を調べた結果を報告する。

2. 実験

供試機械は木工用旋盤で、回転数を 1200rpm とした。バイトの送り速度は 60mm/min, したがって被削

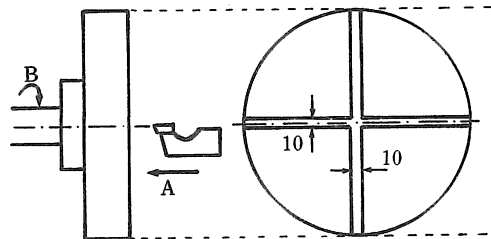


Fig. 1 Schematic representation of the tool feed direction and the workpiece geometry.

A : tool feed direction, B : rotating direction of workpiece

* 木材加工学教室

材1回転当りの送り量は 0.05mm である。バイトの送り方向は面板の厚さ方向とし(図1参照), バイト切り込み深さを 5mm とした。切削円直径は 270mmより 220mm まで 10mm ごとに変化させた。したがって切削速度は 17m/sec より 13.8m/sec まで変化している。

被削材は気乾比重 0.7, 厚さ 40mm の三層パーティクルボードを用い, その中心層を連続および断続の2つの方式で旋削した。断続的な切削では, 被削材に切削円の中心を通る幅 10mm の溝を2本互いに直交するように設けた(図1参照)。

検討した切削工具はアルミナ系セラミック工具4種類(以下セラミック工具1, 2, 3, 4とする)サーメット工具, 焼結CBN工具, 焼結ダイヤモンド工具および

WC基超硬合金工具である。これら工具の公称された物理的諸特性と構成成分を表1に示す。セラミック工具1の場合所定の形状に成形したチップをバイトホルダーにクランプ方式で直接固定する方法を用いた。他の工具材料はチップを台金(SK-5)にろう付けて工具を作成した。刃先およびバイトの形状は前報と同一である。また工具の研磨方法, 研磨状態の確認, 騒音の測定および解析法も前報と同一である。刃先後退量の測定も前報と同様であるが, 金属顕微鏡を用い, 100倍に拡大した写真よりすくいおよび逃げ面の後退量を測定した。

3. 結果と考察

図2および3に連続的, 断続的に切削した場合における切削距離と逃げ面刃先後退量の関係を示す。切削状態

Table 1 Specifications of tool materials (nominal values)

Tools	Hardness (kg/mm ²)	Bending strength (kg/mm ²)	Thermal conductivity (cal/cm·sec·°C)	Coefficient of linear expansion (×1/°C×10 ⁻⁶)	Specific gravity	Components
Cemented tungsten-carbide	1570	230	0.19	4.5	14.7	WC, Co
Cermet (TiN)	1650	150	0.04	7.4	6.0	TiN, TiC
Cubic boron nitride (CBN)	3400	—	—	—	3.5	CBN
Artificial diamond (D)	6500	280	0.24	3.6	3.5	C
Ceramic 1 (A1 1)	2400	95	0.05	8.0	4.4	Al ₂ O ₃ , TiC
Ceramic 2 (A1 2)	1700	60	0.07	8.4	4.0	Al ₂ O ₃ , ZrO ₂
Ceramic 3 (A1 3)	2200	80	0.06	7.8	4.0	Al ₂ O ₃
Ceramic 4 (A1 4)	2200	45	0.07	7.7	3.9	Al ₂ O ₃ , SiO ₂

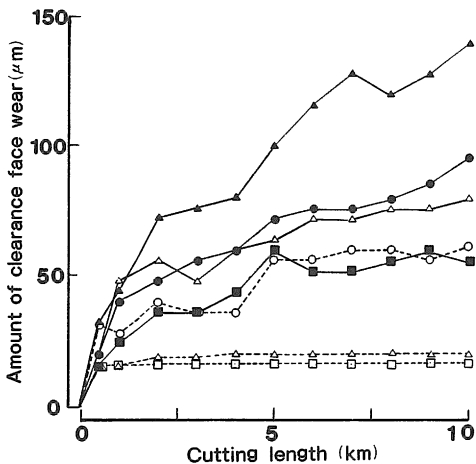


Fig. 2 Relationship between cutting length and amount of clearance face wear in continuous turning.
 ● WC, ○ TiN, □ CBN, △---D, ■ A1 1, ▲ A1 2, △ A1 3

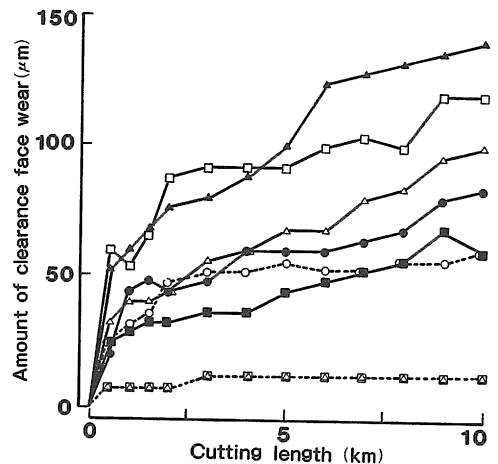


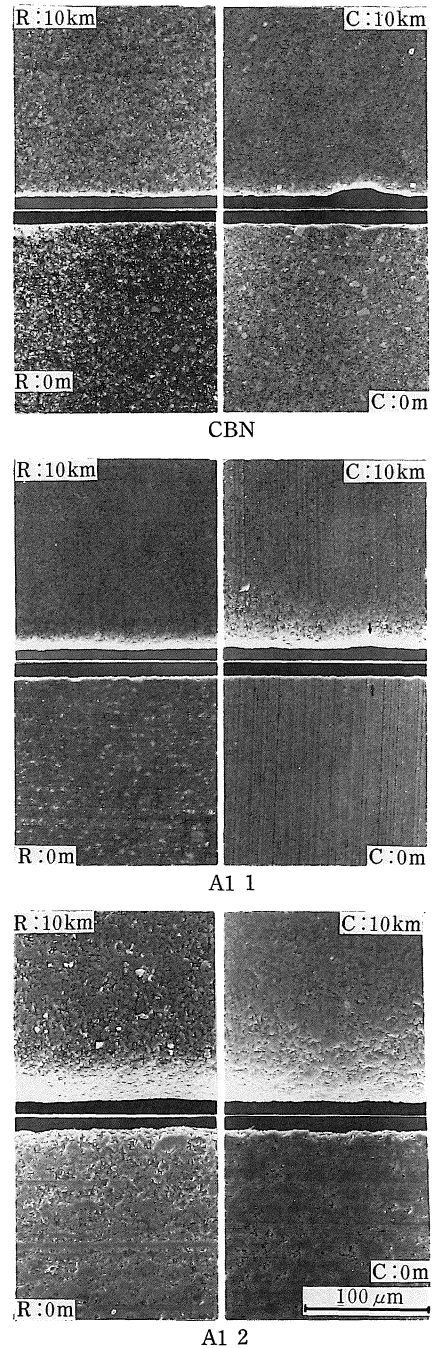
Fig. 3 Relationship between cutting length and amount of clearance face wear in interrupted turning.
 ● WC, ○ TiN, □---CBN, △---D, ■ A1 1, ▲ A1 2, △ A1 3, □ A1 4

が異なっても，刃先後退量の挙動は変化しないことがわかる．すなわち焼結CBN，ダイヤモンド工具を除くサーメット，セラミックス工具は切削距離の増大と共に刃先後退量が増大する．鋼系統工具同様切削初期における後退量が著しく，切削距離 2km（総切削距離の20%）で，サーメット，セラミックス工具は総後退量の1/2を越える．焼結CBN，ダイヤモンド工具では切削のごく初期で刃先は僅かに後退するのみで，その後切削距離を増大させても後退しない．

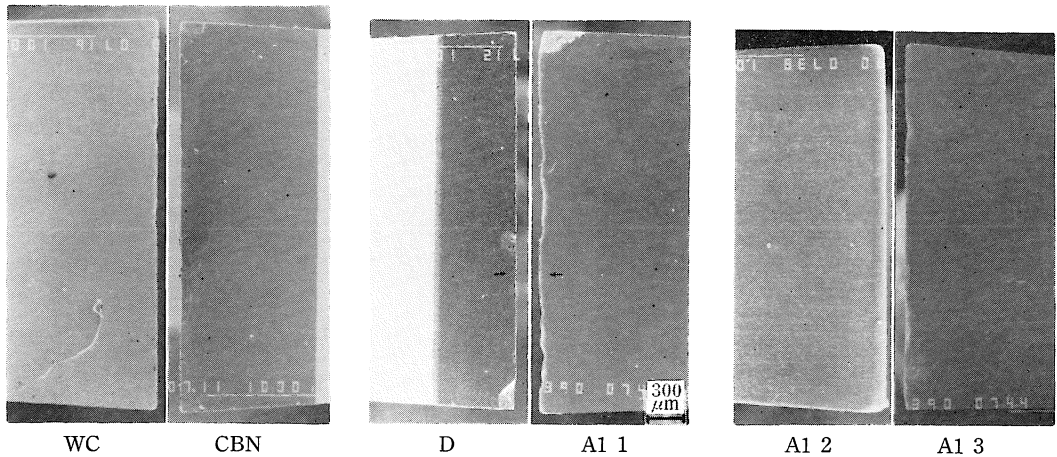
切削距離 10km における工具後退量を WC 基超硬合金工具を基準にして比較すると，断続切削ではセラミック工具 2, 4 はそれぞれ1.7および1.4倍，セラミック工具 3 で1.2倍とWC基超硬合金工具より後退量が大い，しかしセラミック工具 1，サーメットで0.7，焼結CBN，ダイヤモンド工具で0.2倍と後退量は少なくなる．連続切削ではセラミック工具 2 が1.5倍，他の工具はWC基超硬合金より後退量が少なく，セラミック工具 3 は0.8倍，セラミック工具 1，サーメット工具は共に0.6倍，焼結CBN，ダイヤモンド工具はそれぞれ0.2，0.15倍となる．

工具の寿命は工具の持つ物理的諸特性の影響を受け，硬度，抗接力の値が大きいほど，熱伝導率が良好なほどまた熱膨張係数の値が小さいほど，工具寿命は長くなることが知られている．検討した工具について物理的諸特性値（表1）と刃先後退量（断続切削）の関係を検討するとCBN，焼結ダイヤモンドおよびセラミック工具間における硬度，抗接力の順位は刃先後退量の順位と比較的よく対応するが，熱伝導率，熱膨張係数はセラミック工具間で対応が良くないのがわかる．サーメット工具については硬度を除くすべての特性値はWC基超硬合金工具より劣るのに，後退量が超硬合金工具よりすぐれていることは注目すべきである．

切削により工具刃先が後退するのは摩耗と損傷に起因する²⁾．写真1は焼結CBN，セラミック工具 1，2の刃先線近くにおけるすくい，逃げ両面での距離 10km 切削後の観察を示す．焼結CBN工具では両面とも切り屑や被削材と工具との摩擦によるひっかき作用等により構成粒子が粗くなったり，離脱してしまうような現象は顕著でない．これは構成粒子の硬度が高いことに起因すると考えられる．焼結ダイヤモンド工具も類似の現象を示した．セラミック工具 2 では両面ともひっかき作用でセラミック粒子が研削され，粗くなっており，他のセラミック工具も同様の状態を示したが，このような現象の生じる程度と領域は工具材料の硬度が高いセラミック工具 1 では他のセラミック工具に比べて少ない．逃げ面で



Picture 1 Scanning electron micrographs of the clearance(C) and rake(R) faces including the cutting edge when sharply ground and when dull cutting of 10 km for CBN, A1 1 and A1 2 tools in the interrupted turning.
 → : cutting edge



Picture 2 Scanning electron micrographs of the clearance face including the cutting edge in the dull cutting of 10 km for WC, CBN, D, A11, A1 2, and A1 3 tools. —>edge

の程度がすくい面より著しいことが観察される。これはすくい、逃げ面での摩耗の機構が異なるためである。またWC基超硬合金やサーメット工具に見られるような逃げ面で構成粒子が焼結材と共に選択的に離脱するような状態は観察できなかった。

表1に示すように、これらの新素材工具は抗接力の値が鋼系の工具に比べ小さいために脆く、欠け易いという性質をもっている。そこで写真2に距離10kmを断続的に切削した後における刃先の損傷状態を示す。WC基超硬合金工具に比べ、焼結CBN工具、ダイヤモンド工具、セラミック工具1および3は損傷箇所が多い。特に、

焼結ダイヤモンド、セラミック工具1ではエッジ部で明瞭な損傷が生じる。また焼結CBN、ダイヤモンド工具では剝離も生ずる。このような損傷は連続的な切削ではそれほど顕著ではないが、断続的な切削では顕著となり、損傷が工具寿命にかなり影響するものと思われる。セラミック工具3において断続切削における後退量が連続切削の場合より大きくなるのは、このことに起因すると考えられる。セラミック工具2では断続切削でも損傷はほとんど観察することができない。その抗折力値は他の工具に比べて小さいのに、損傷が少ないことについて

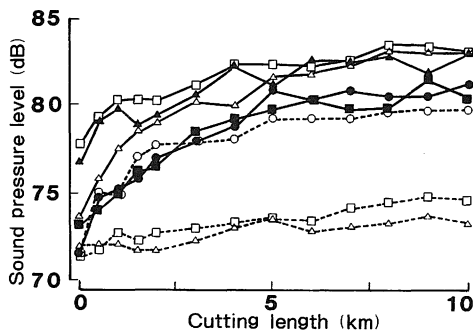


Fig. 4 Effect of cutting length on noise level in interrupted turning.
● WC, ○ TiN, □---CBN, △---D, ■ A1 1, ▲ A1 2, △ A1 3, □ A1 4

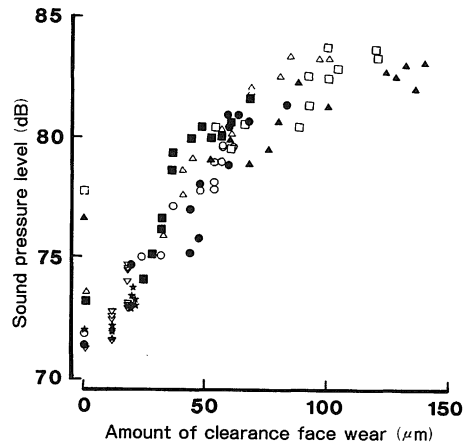


Fig. 5 Relationship between amount of clearance face wear and noise level interrupted turning.
● WC, ○ TiN, ∇ CBN, ★ D, ■ A1 1, ▲ A1 2, △ A1 3, □ A1 4

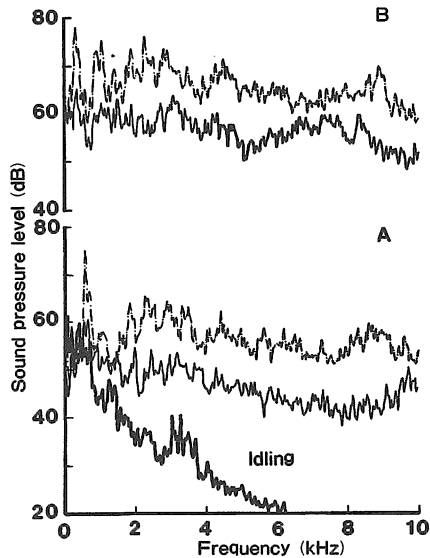


Fig. 6 Noise spectra during machine idling, and while continuous(A) and interrupted(B) turning with WC tools.
— : sharp tool, - - - : dull tool

は今後の研究すべき課題といえよう。

図4は断続的な切削を行った時の切削距離と発生する騒音レベルの関係を示す。連続切削の場合同様に、切削距離の増大により各工具はともに騒音レベルを増大させる。各工具間の一定距離切削後の騒音レベルの傾向はおおよそセラミック工具4, 3, 2がほぼ同程度で最も大きく、ついでWC基超硬合金、セラミック工具1, サーマット工具が同程度で位置し、焼結ダイヤモンド、CBN工具は最も小さいことがわかる。この傾向は工具の後退量とほぼ同傾向にある。

図5は断続切削における刃先後退量(x)と騒音レベル(y)の関係を示す。両者の間には $y=0.09x+73.1$ dB という回帰式が成立し、両者の相関係数は0.91である。したがって、断続切削も連続的な切削の場合と同様工具の種類に関係なく後退量が同様なら、その時の騒音レベルは同程度であるということがわかる。

図6は断続および連続切削において発生するWC基超硬合金工具による騒音の周波数成分を示す。断続切削の場合、工具の後退量が増加すると、各周波数に対応する音圧レベルは増大する。この傾向は連続切削の場合も同様である。特に断続切削では音圧レベルが最大となる

350Hzの、また連続切削では500Hzのピーク周波数でこの傾向は顕著である。以上のことから、切削騒音は工具寿命の判定手段として利用でき、特に最大レベルを示すピーク周波数は工具寿命の有効な判定手段となり得るといえよう。

4. 終わりに

新素材を用いた切削工具が木工用刃物として適用できる可能性を検討するため、パーティクルボードを切削し、その切削性能を刃先後退量を中心に調べた結果、次の結果を得た。

1. 刃先後退量は切削方式が断続および連続的と異なっても著しい差異は認められない。断続的な切削ではセラミック工具2, 4, 3, 超硬合金工具, サーマット工具, 焼結ダイヤモンドの順で同一切削距離に対する後退量は少なくなり、セラミック工具1はサーメットと、また焼結CBN工具は焼結ダイヤモンドと同程度の後退量である。連続的な切削の場合セラミック工具2を除く工具はWC基超硬合金工具より後退量は少ない。

2. セラミック工具の刃先近くのスくいおよび逃げ面の構成粒子は切削することにより粗くなるが、選択的に離脱することはない。粒子が粗くなる程度と領域は工具の硬度と関係が深い。焼結ダイヤモンド工具とCBN工具の場合、切削しても構成粒子に著しい変化を認めることができない。

3. セラミック工具1, 3, 焼結ダイヤモンドおよびCBN工具はチップングが発生し易い。

4. 刃先後退量の増大に伴い、発生する騒音レベルは増大する。刃先後退量が同程度なら工具の種類に関係なく騒音レベルはほぼ同程度である。

謝辞 本研究の実験には昭和60年度卒業生田嶋直樹および長崎泰則の両氏の多大な御援助を賜りました。謹んでお礼を申し上げます。

引用文献

1. 田中千秋・塩田洋三・高橋徹：木材誌, 32(2) : 96-102 (1986).
2. 杉田忠彰, 他2名：基礎切削工学, 共立出版, 115-125 (1984).
3. TANAKA, C.: Proc. of the 8th Wood Mach. Sem., Univ of CA., 86-98 (1985).