

パーティクルボードとMDFの穴あけ加工における 超硬合金ビットの摩耗特性

番匠谷 薫^{*1}・福田 英昭^{*2}・萬谷 哲朗^{*3}・村瀬 安英^{*4}

Wear of Cemented Carbide Bits in Machine Boring of Particleboard and MDF

Kaoru BANSYOYA^{*1} Hideaki FUKUDA^{*2} Tetsuro MANTANI^{*3}
Yasuhide MURASE^{*4}

^{*1} Faculty of school Education, Hiroshima University ^{*2} College of Education, University of the Ryukyus

^{*3} Kanefusa Co. Ltd. ^{*4} Faculty of Agriculture, Kyusyu University

In this study, total twelve kinds of cemented carbide bits for machine boring, that is, type K bits, impact-resisting bits and micro-grained bits were prepared. And tool-life tests whose final number of boring holes of each bit was 1000 in the machine boring of particleboard and MDF (medium density fiberboard) were performed under boring conditions of 3000rpm of spindle speed, 0.1mm/rev of feed per revolution and 30mm of boring depth, the progression of spur edge recession of each bit was examined. From the experimental results, the relationship of edge recessions for five kinds of type K bits (K01-K40) to edge hardness or cobalt content was not clear. For five kinds of impact-resisting bits (V4-V6 and E1), V6 bit showed the highest edge recession and these edge recessions progressed slower as the edge hardness became higher. For two kinds of micro-grained bits(F), edge recessions showed extremely small as compared with those of type K bits and impact-resisting bits. Furthermore, it became clear that edge recessions for twelve kinds of cemented carbide bits had good correlations with edge hardness and grain diameter of tungsten carbide.

1. 緒言

近年、用途を拡大しつつあるパーティクルボードやMDFは素材に比べ工具摩耗を促進させることが知られており、これら木質ボードの切削加工では超硬合金が多用されている。この超硬合金工具は、WC粒度やCo含有率によって、硬さ、抗折力や比重などの物性値が異なり、K種、超微粒やその他の種類に分類され、さらに、その種類ごとに合金組成の差異によって種々の超硬合金材種が見られ、使用分類記号が定められている。

一方、各種超硬合金の工具摩耗特性を調べた研究は、丸鋸¹⁾、旋削²⁾、フライス³⁾などの加工法で報告が

見られるが、いずれも3～6材種を供試したものであり、また穴あけ加工における報告は見られない。

以上のような背景から、本研究ではK種超硬合金5材種、耐衝撃用超硬合金5材種、超微粒超硬合金2材種計12材種の広範囲の超硬合金ビットを供試して、パーティクルボードとMDFでのビット寿命試験を実施し、木質ボードの穴あけ加工における超硬合金ビットの摩耗特性とこれにおよぼす合金組成の影響を明らかにしようとした。

2. 実験

2.1 供試ビット

供試した12材種超硬合金ビットは、だぼ穴あけ用のセンタ・けづめ付きの直径8mm、全長85mmのビットであり、いずれも第1図のような先端形状をしている。

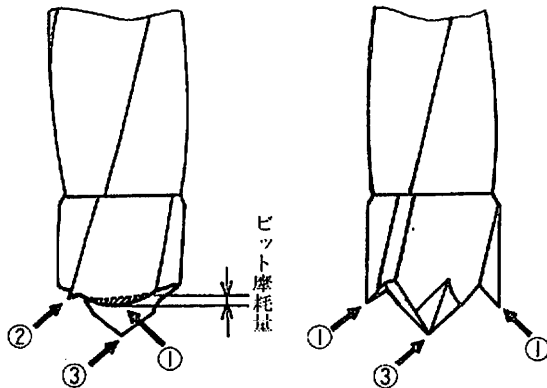
第1表には、ビットのNo.ごとに超硬合金材種のJIS分類記号、Co、WC、その他炭化物のそれぞれの

^{*1} 広島大学学校教育学部

^{*2} 琉球大学教育学部

^{*3} 兼房職

^{*4} 九州大学農学部



第1図 ビットの先端形状とビット摩耗量の測定箇所
①けづめ、②外周コーナ、③中心きり

含有率、ロックウェル硬さ (H_{RA})、WC 粒度および比重を示している。ただし、いずれの値もメーカー発表値である。

K 種超硬合金 (No. 1 ~ 5) では、その材種の JIS 分類記号は K01 ~ K40 であり、番号の数値が大きいほど、WC の粒度が大きくなり、それにともなって Co 含有率が増加して硬さは低下するが、供試したビットでは K30 の方が K40 よりも Co 含有率が低い。耐衝撃用超硬合金 (No. 6 ~ 10) では、同じく分類記号は V 4 ~ V 6 と E 1 であり、V 種では番号の数値が大きいほど、Co 含有率が増加して硬さは低下する。E 種は V 種よりもさらに耐衝撃性を増したチップで土木、鉱山用に開発されたものである⁹⁾が、実験に供試した E 1 の Co 含有率は V 4 ~ V 6 に比し低く、比重が大きいのが特徴である。超微粒超硬合金 (No. 11, 12) では、WC 粒度は $0.8 \sim 1.0 \mu m$ と他の材種に比し極めて小さいが、No. 12 の方が Co 含有率が高く硬さは低い。

2.2 実験方法

寿命試験は主軸定速送りの自動昇降式に改造した卓上ボール盤を用いて行った。被削材には、市販の厚さ 30 mm の 3 層構造パーティクルボード (気乾比重: 0.67, 含水率: 10.3%, 接着剤: ユリア・メラミン系) と市販の厚さ 15 mm の MDF (0.74, 8.4%) を酢酸ビニルエマルジョン接着剤で 2 枚積層したいずれも厚さ 30 mm のボードを用いた。加工条件は、主軸回転数 3000 rpm, 1 回転あたり送り量 0.1 mm/rev, 加工深さ 30 mm に一定にして、いずれのビットの場合も、一律 1000 個まで穴あけ加工を行い、所定の穴あけ個数ごとにビット摩耗

第1表 供試ビットの合金組織

No.	JIS 分類記号	Co 含有率 (%)	WC 含有率 (%)	その他炭化物 (%)	硬さ H_{RA}	WC 粒度 (μm)	比重
1	K01	3.5 ~ 5.5	91.0 ~ 93.0	3 ~ 5	91.4 ~ 92.6	1.0 ~ 1.5	14.8 ~ 15.1
2	K10	4.0 ~ 6.0	93.0 ~ 95.0	2 ~ 5	91.3 ~ 92.6	1.5 ~ 2.5	14.9 ~ 15.2
3	K20	6.5 ~ 8.0	91.0 ~ 93.0		90.1 ~ 91.8	1.5 ~ 2.5	14.7 ~ 15.0
4	K30	8.0 ~ 10.0	90.0 ~ 92.0		89.2 ~ 90.4	2.0 ~ 3.0	14.5 ~ 14.8
5	K40	7.0 ~ 9.0	91.0 ~ 93.0		88.0 ~ 90.5	≥ 3.0	14.5 ~ 14.8
6	V4	11.5 ~ 13.5	87.0 ~ 89.0		88.0 ~ 90.5	≥ 3.5	14.2 ~ 14.5
7	V4	12.0	88.0		89.0	< 2.0	14.3
8	V5	14.0 ~ 16.0	84.0 ~ 86.0		87.0 ~ 87.8	≥ 3.5	14.0 ~ 14.2
9	V6	21.0	79.0		85.0	4.0 ~ 5.0	13.3
10	E1	4.0 ~ 6.0	94.0 ~ 96.0		89.7 ~ 90.8	≥ 3.5	15.1 ~ 15.3
11	F	11.0 ~ 13.0	86.0 ~ 88.0	~ 2.5	92.5 ~ 93.5	0.8 ~ 1.0	14.0 ~ 14.3
12	F	16.0 ~ 18.0	81.0 ~ 83.0	~ 2.5	90.6 ~ 91.8	0.8 ~ 1.0	13.5 ~ 13.8

量と切削抵抗を測定した。また、寿命試験終了後にビットけづめ先端の摩耗面の SEM 観察を行った。

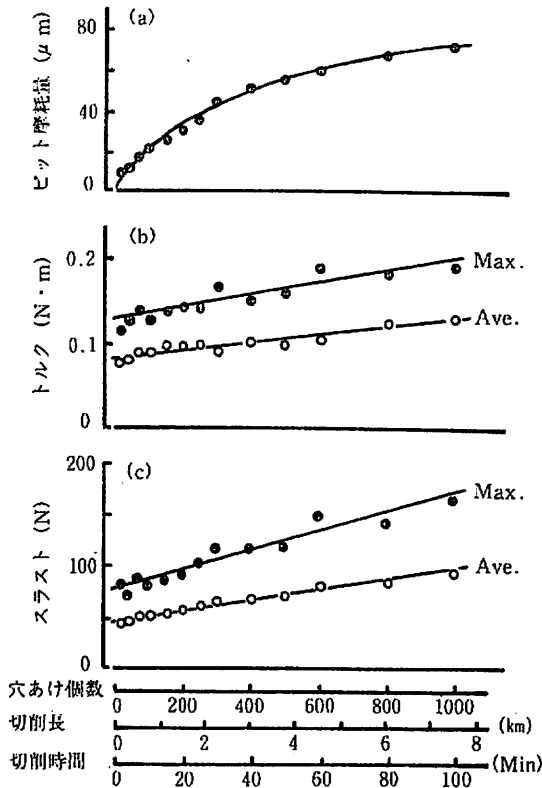
ビット摩耗量は、第1図に示したように、左右2個のけづめ先端のビットの軸心に平行方向の後退量を工具顕微鏡を用いて測定し、その平均値で表わした。切削抵抗は、ボール盤のテーブル上に固定した工具動力計で検出し、動ひずみ測定器を介してデータレコーダに収録した。のちにアナライジングレコーダを用いてトルク、スラスト 2 分力のタイム波形を記録し、加工穴入り側の最大値 Max. と全体の平均値 Ave. を求めた。

3. 実験結果と考察

3.1 12材種超硬合金ビットの摩耗

最初に、12材種の超硬合金ビットごとに、穴あけ個数の増加にともなうビット摩耗の進行と切削抵抗の変化を調べた。結果の一例として、パーティクルボードに K01 (No. 1) ビットで穴あけ加工した場合のビット摩耗の進行経過を第2図に示す。同図の横軸には、穴あけ個数のほかに切削長 (延べ切削長、ビット外周切れ刃の1個の穴あけ加工におけるつまき線の総長さ) と穴あけ個数の積、切削時間 (正味切削時間、1個の穴あけ加工に要する切削時間と穴あけ個数の積) も併記している。同図 (a) のように、ビット摩耗量は穴あけ加工の継続にともなって放物線的に増加するが、(b) のトルクと (c) のスラストは加工穴入り側の最大値 Max. も全体の平均値 Ave. もほぼ直線的に増加している。他のビットの場合も、また、MDF の場合もこれとほぼ同様の傾向であった。

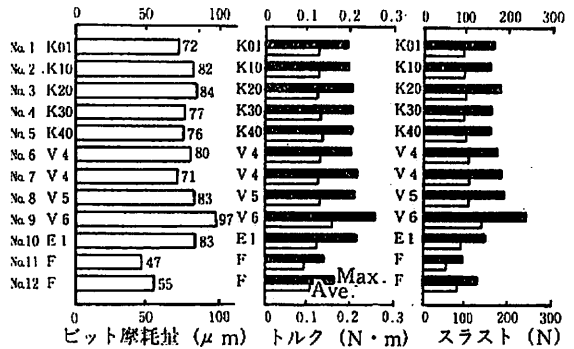
最終穴あけ個数 1000 個 (切削長 7.54 km, 切削時間 100



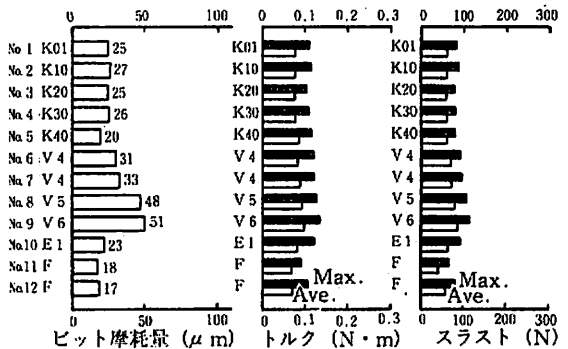
第2図 ビット摩耗の進行経過と切削抵抗の変化
(供試ビット: K01 (No. 1))

min)におけるビット摩耗量と切削抵抗2分力の測定値を12材種ビットごとに、第3図にパーティクルボードの場合について、第4図にMDFの場合について示す。切削抵抗はトルク、スラストともに、上側に加工穴入り口側の最大値Max.を、下側に全体の平均値Ave.を示している。

第3図と第4図より、ビット摩耗量はおおまかには両被削材ともに、耐衝撃用超硬合金が大きく、ついでK種超硬合金、超微粒超硬合金の順である。この順位は切削抵抗についても同様である。K種超硬合金(No. 1~5)のビット摩耗量を見ると、パーティクルボードではK10とK20がやや大きい値を、MDFではK40がやや小さい値を示している。しかし供試した5材種ビットの刃先硬さの幅が耐衝撃用超硬合金でのそれよりも狭いために、刃先硬さあるいはCo含有率が変わっても全体的にビット摩耗量に顕著な差異は認められない。耐衝撃用超硬合金(No. 6~10)のビット摩耗量を見ると、WC粒度が大きく、Co含有率が高くなり



第3図 12材種超硬合金ビットの最終穴あけ個数(1000個)におけるビット摩耗量とトルク、スラスト(被削材:パーティクルボード)



第4図 12材種超硬合金ビットの最終穴あけ個数(1000個)におけるビット摩耗量とトルク、スラスト(被削材:MDF)

らに刃先の最も軟らかいV6が両被削材ともに最大値を示し、ついでV5、V4の順である。このように耐衝撃用超硬合金では、ビット摩耗量は刃先が硬いほど小さくなっており、両者の関係はK種超硬合金の場合よりも明瞭である。超微粒超硬合金(No. 11, 12)は、K種超硬合金と耐衝撃用超硬合金に比しWC粒度が極めて小さく刃先の硬さが高いために、ビット摩耗量は両被削材ともにいずれも極めて小さく、F(No. 11)が最小値を示している。両被削材でのビット摩耗量の最小値は、上記V6ビットの最大値のおおよそ1/2~1/3である。そこで、V6ビットの摩耗量がこれらの最小値に達した時の切削時間を摩耗進行線図より求めて、切削時間の比率を計算すると、両被削材ともにF(No. 11)はV6の約10倍である。すなわち、FはV6の約10倍寿命が長いことを示している。なお、パーティクルボードの旋削加工^{2,3)}、セラガンバツとパーティクルボードのフライス加工⁴⁾、さらには既報⁵⁾で

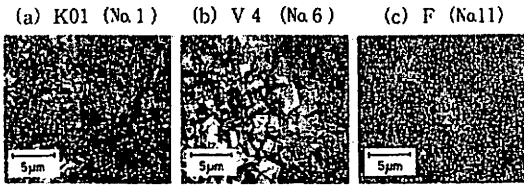


写真1 ビット摩耗面のSEM観察

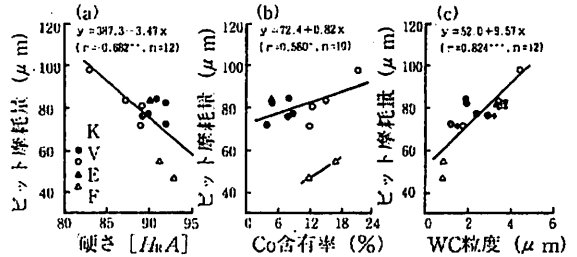
のペイマツ高含水率材の穴あけ加工では、超微粒超硬合金工具は長寿命が期待出来ない結果が得られているが、本研究のパーティクルボードとMDFの穴あけ加工では、上記のように超微粒超硬合金ビットは耐摩耗性の高い材種であることが示された。

3.2 ビット摩耗面のSEM観察およびビット摩耗量と合金組成の関係

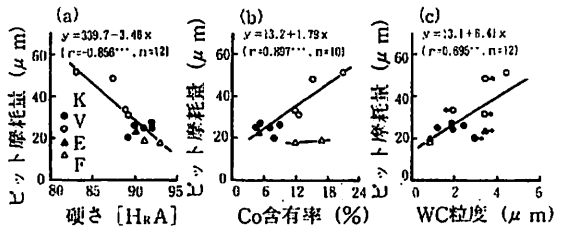
寿命試験終了後のビットけづめ先端のSEM観察結果例を写真1に示す。この写真はけづめ先端をビット軸心に平行方向から観察したものであるが、(a)はK01 (No.1), (b)はV4 (No.6), (c)はF (No.11)のビット摩耗面の様相を示したものである。なお、被削材はいずれもパーティクルボードである。

写真1 (a), (b)より、K01とV4では切削中のCoの消失とWC粒子の脱落が認められるが、これら以外のK種超硬合金と耐衝撃用超硬合金の場合も、WC粒度が異なるだけでビット摩耗面の様相はこれとほぼ同様であった。F (No.11)の場合は、WC粒度が小さいために、(c)のようにCoの消失とWC粒子の脱落の程度がK種超硬合金と耐衝撃用超硬合金に比し極めて小さいことがわかる。このように、12材種超硬合金ビットの摩耗の進行は焼結材が切削抵抗によって破壊され、WC粒子が脱落して摩耗が進行する形態をとるものである⁹⁾ことが確認された。

以上のSEM観察結果より、ビット摩耗の進行はCo含有率などの合金組成と密接な関係を有するものと考えられる。そこで既報⁹⁾と同様に、12材種すべてのビットについて、ビット摩耗量と硬さ、Co含有率あるいはWC粒度の関係をプロットして、第5図にパーティクルボードの場合について、第6図にMDFの場合について示した。両図の記号は、●がK種、○がV種、▲がE種、△がF種を示している。また、横軸の各値は、いずれも第1表の合金組成値の平均値で示しているが、WC粒度については、最大値あるいは最小値しか判明していない材種があり、これらの場合は



第5図 最終穴あけ個数(1000個)におけるビット摩耗量と超硬合金組成の関係(被削材:パーティクルボード)



第6図 最終穴あけ個数(1000個)におけるビット摩耗量と超硬合金組成の関係(被削材:MDF)

既報⁹⁾と同様に、最大値既知の場合には記号に←を、最小値既知の場合には記号に→を付けてプロットしている。また図中には、最小2乗法によって求めた回帰直線を示すとともに、相関係数とその有意性(***が1%, **が5%, *が10%の危険率で有意を表す)も記載している。

第5図と第6図より、ビット摩耗量は、刃先硬さに対しては、両図の(a)にそれらの関係を示すように、パーティクルボードでは危険率5%で、MDFでは1%で有意となる高い負の直線相関を有しており、回帰直線の傾きはほぼ同じ値を示している。Co含有率に対しては、既報⁹⁾の腐食摩耗が主体となる高含水率材の穴あけ加工の場合には1本の関係線で示すことができたが、本報の超微粒超硬合金2材種では、両図の(b)のようにビット摩耗量が小さい値を示すので別の関係線で示した。そこで、超微粒超硬合金を除いたK種超硬合金と耐衝撃用超硬合金の10材種について回帰

直線を求めると、パーティクルボードでは危険率10%で、MDFでは1%で有意となる正の直線相関を示し、MDFでの回帰直線の傾きはパーティクルボードでのその約2倍である。WC粒度に対しては、両図の(c)に示すように、パーティクルボードでは危険率1%で、MDFでは5%で有意となる直線相関を示す結果が得られた。このように、ビット摩耗量は、刃先硬さとWC粒度に強く影響を受けることがわかった。

4. 結 語

本研究では、合金組成の異なる12材種超硬合金ビット（K種超硬合金5材種、耐衝撃用超硬合金5材種、超微粒超硬合金2材種）を供試して、パーティクルボードとMDFの穴あけ加工におけるビット寿命試験を実施した。そして、これら材種の超硬合金ビットの摩耗特性を調べるとともにビット摩耗におよぼす合金組成の影響を検討した。その結果、ビット摩耗量は両被削材ともに、耐衝撃用超硬合金が大きく、ついでK種超硬合金、超微粒超硬合金の順である。K種超硬合金（K01～K40）では、刃先硬さの幅が耐衝撃用超硬合金でのそれよりも狭いために、ビット摩耗量と刃先硬さあるいはCo含有率の関係は明瞭でない。耐衝撃用超硬合金（V4～V6、E1）では、ビット摩耗量は刃先が硬くなるほど小さい値を示した。超微粒超硬合金では、ビット摩耗量はK種超硬合金と耐衝撃用超硬合金に比し極めて小さく、耐摩耗性の高い材種であることが示された。12材種すべてのビットについて、ビット摩耗量と刃先硬さ、Co含有率あるいはWC粒度の関係を調べると、ビット摩耗量は刃先硬さとWC粒度に強く影響を受けることがわかった。

文 献

- 1) 古賀達是, 七沢喜男: 木材学会誌, **19**, 311-316 (1973)
 - 2) H. SUGIHARA et al.: *Wood Science and Technology*, **13**, 283-299 (1979)
 - 3) 奥村正悟, 杉原彦一, 横山幸明: 材料, **30**, 685-690 (1981)
 - 4) 林和男: 木材工業, **38**, 175-181 (1983)
 - 5) 鈴木壽: "超硬合金と焼結硬質材料", 丸善, 1986, p.487.
 - 6) 福田英昭, 番匠谷薫, 萬谷哲朗, 村瀬安英: 木材学会誌, **40**, 687-693 (1994)
- (1994.12.19受理)