研究速報

サーメット工具の切削性能に及ぼすポア密度の影響*

千 徳 英 一**, 中 林 伸 一***
河 端 裕****, 藤 村 善 雄****

Eiichi Sentoku, Shinichi Nakabayashi, Hiroshi Kawabata and Yoshio Fujimura:
Influence of Pore Density on the Cutting Performance of Cermet Tool.

The sintered cermet tools are to vary in pore density, hardness, specific gravity, and transverse rupture strength with the sintering condition.

This paper presents new results of continuous and intermittent turning tests of two kinds of cermet tools under cutting speeds ranged from 1.25 m/sec to 5.0 m/sec. The two tools have the same composition, but are of different pore density. In the continuous cutting, the noticeable results were not obtained as expected. In the intermittent tests, one tool with high porosity is found to wear faster than the other when cutting speed is low. At higher speeds, there was no remarkable difference in the tool life of both specimens. From these experiments, the fracture-causing cracks are thought to stop advancing at these pores.

(Received November 12, 1982)

I 緒 言

近年脱タングステンの立場から資源的に豊富なチタニウムを主原料としたサーメット工具の必要度が高まりつつある。これらの工具は焼結材であるため焼結条件が異なると物理的性質†に差異が生ずることが予想される。

工具の摩耗や耐欠損に関する研究は多数あるが^{1~4)} 工具の成分比が同一で、SEM 像に差異のあるサーメット工具の切削性能に関する報告はまだ見あたらない。

本研究は、成分比が一定で物理的性質の異なる2種類の TiC 単純系サーメット工具を用いて連続および断続切削実験を行い、物理的性質が工具の切削性能に及ぼす影響について考察した。

両工具の物理的性質全体から切削性能の評価をするべきであるが、本報では主としてポア密度が切削性能に及ぼす程度について検討した。

II 実験方法および結果

II-1 工具材種

本実験に用いた工具材料は、焼結条件††の一部が異なる2種類の TiC 単純系工具である。工具の物理的性質を Table 1 に、また、その SEM 像を Photo. 1 に示す。工具 X-2 および XN-2 はともに同成分であるが、物理的性質はそれぞれ異なっている。特に、XN-2 のポア密度は、X-2 に比較して6倍近く大きいことが注目される。両工具の炭化物粒径は、2 μ m 程度であるが XN-2

においてはマイクロポアが多く存在する。ここで取り扱うポアは、Photo. 2 に示すような抗折試験等で問題となる粗大ポアとは異なる炭化物粒径程度の Photo. 3 に示すようなマイクロポアを指すものである。複合炭化物 (Ti,

Table 1 Chemical composition and fundamental properties of prepared cermet tools.

Tool material	X-2	XN-2
Composition wt%		
TiC		70
Mo ₂ C		15
Ni		15
Specific gravity	6.00	5.81
Grain size μ m	2.08	2.04
*Mean free path μ m	0.85	0.48
Pore density vol%	0.40	2.34
Hardness H_{RA}	91.3	90.3

* Mean free path of compound carbide.

* 昭和57年11月12日受理。

** 金沢工業高等専門学校機械工学科，〒921 金沢市南郊野々市町扇が丘7-2

*** 金沢工業大学機械工学科大学院（現日立製作所），〒921 金沢市南郊野々市町扇が丘7-1

**** 金沢工業大学機械工学科，〒921 金沢市南郊野々市町扇が丘7-1

† 例えばポア密度，硬度，比重，抗折力

†† 成形後 1073 K で真空中にて有機バインダーをとばしてから焼成温度 1643 K，保持時間 30 分，加圧なしの同条件とし，粉砕ミルの大きさのみ 500 g，3 kg に変えた X-2 と XN-2 を使用した。

Photo. 1 SEM micrographs of specimens.

Photo. 2 Metallographical micrograph of large pore on cermet material.

Photo. 3 SEM micrograph of small pore on cermet material.

Mo)C の粒径, 平均自由距離は, SEM 像より線分析法⁵⁾にて求めた。ポア密度は, 全てのポアを球形と仮定し線分析法で算出した。

II-2 連続切削実験

連続切削は, $\phi 120 \times 600$ l の S 45 C (H_B 180) を被削材として Table 2 に示す条件で行った。工具形状はブレーカ溝のないスローアウェイチップ SNP 432 を用い, バイトホルダーは N 11 R-44 (シャンク径 25 $\square$) を使用した。

逃げ面摩耗曲線は, 切削距離 $L=25, 150, 300$ m 以下 300 m ごとに逃げ面摩耗幅 V_B を測定する。測定部は切込みの 3/4 部から, ノーズ半径部までとし, その平均幅をもって V_B とする。そして摩耗曲線 ($V_B-\tau$ 曲線, Fig. 5 参照 $\Delta L = V \cdot \Delta \tau$) の定常域内では V_B は, $V_B =$

Table 2 Continuous cutting condition.

Workpiece	S45C (H_B 180)
Cutting speed m/sec	1.25, 2.5, 5.0
Depth of cut mm	2.5
Feed rate mm/rev	0.25
Tool geometry	-5, -5, 5, 5, 15, 15, 0.8
Chamfer size mm	-25° $\times$ 0.08

$a+b\tau$ (但し a, b 実験定数, τ は切削時間) で示すことにより切りくず幅単位長さ当りの逃げ面摩耗率 dW_f/dL ⁶⁾ は,

$$dW_f/dL = \sin 2\alpha \cdot b \cdot V_B / 2V \quad (1)$$

($\alpha = -\delta$ のとき)

で算出した。但し α はすくい角, δ は逃げ角, V は切削速度である。すくい面摩耗速度 dW_c/dL は, 表面あらさ計 (サフコム 60 A) で Fig. 1 に示すような摩耗プロフィールを測定しこれより切りくず幅単位長さ当りの摩耗体積 W_c を求め切りくず流出距離を考慮して算出した。

Fig. 2 は, 切削速度 $V=1.25, 2.5, 5.0$ m/sec における逃げ面摩耗曲線を示す。いずれの切削速度においても両工具の切削性能には著しい差異を有し, ポアの多い XN-2 が X-2 に比べて悪い性能を示す。なお, 高速になるにつれてその傾向は顕著となり, たとえば, $V=5.0$ m/sec において X-2 が $L=2100$ m で $V_B=0.042$ mm に対し, XN-2 は $L=1500$ m において $V_B=0.158$ mm

Fig. 1 Profile of crater.

Fig. 2 Relation between cutting length L and width of flank wear land V_B .

Fig. 3 (a) Relation between cutting speed V and flank wear rate dW_f/dL .
(b) Relation between cutting speed V and crater wear rate dW_c/dL .
Feed rate $f=0.25$ mm/rev, Depth of cut $t=2.5$ mm.

にも達しすでに終期摩耗域に入っている。ここで、両工具の切削性能を比較しやすいように棒グラフにて Fig. 3 (a), (b) に切削速度を変えたときの dW_f/dL と dW_c/dL をそれぞれ示す。ここで取り扱う dW_f/dL は、 $V_B=0.1$ の場合である。これらの図において X-2 は、どの切削範囲についてもほぼ等しい値を示しているが、XN-2 は高速になるほど dW_f/dL が著しく高い値を示し性能が劣る。また、 dW_c/dL は、切削速度による差異は小さいけれども XN-2 の方が X-2 より数倍その値が大きい。

II-3 断続切削実験

断続切削は Table 3 に示す条件で行い、被削材は工具の接触、離脱角を考慮し軸に平行な幅 12 mm の 4 本溝を設けたものを用いる。また、被削材径の影響を避けるため直径が $\phi 120 \sim \phi 100$ 間を使用した。工具寿命は工具が欠損した時点の衝撃回数で定義し、同一切削条件について最少 12 点の破損データを取り、ワイブル確率紙にプロットして寿命比較を行った。切削速度 $V=2.5, 4.17$ m/sec における両工具の累積工具寿命の比較を Fig. 4, Fig. 5 にそれぞれ示す。これよりつぎのことがわかる。

- ① いずれの関係においても累積工具寿命曲線は、直線とはならず途中で 1 点ないし 2 点の折れ点が認められ、この折れ点を境にして欠損原因が異なるものと思われる。

Table 3 Intermittent cutting condition.

Workpiece	S45C (H_B 207)
Cutting speed m/sec	2.50, 4.17
Depth of cut mm	1.5
Feed rate mm/rev	0.2
Tool geometry	-5, -5, 5, 5, 15, 15, 0.8
Chamfer size mm	-25°×0.08

Fig. 4 Distribution of the tool life expressed by the impact times at which tool edge fracture occurs.

Fig. 5 Distribution of the tool life expressed by the impact times at which tool edge fracture occurs.

- ② 切削速度 $V=2.5$ m/sec においてポアの少ない X-2 工具は、初期欠損域⁷⁾が 40% と多く見られポアの多い XN-2 工具に比べて衝撃工具寿命が著しく劣る。

上記結果は連続切削とは全く逆の傾向を示す。

高速切削 $V=4.17$ m/sec では、いずれも中間欠損域と終期欠損域となり衝撃工具寿命には大きな差は認められないが、わずかに XN-2 の方が優れている。なお、この際の工具欠損は、ほとんどがクラックによって欠損することが実験中に観測された⁸⁾。

II-4 抗折試験

工具の耐欠損性を評価する 1 つのパラメータである抗折力を 3 点支持の抗折試験機で室温にて行い抗折強さ σ_m は

$$\sigma_m = 3Pl/2bh^2 \quad (2)$$

によって求めた。但し、 P は抗折荷重、 l は支点間距離、 b は試験片の幅、 h は試片の厚さである。なお、試験片は切削実験に用いた工具を放電加工にて切断後、ダイヤモンドホイールにて $10.0 \text{ mm} \times 4.8 \text{ mm} \times 2.0 \text{ mm}$ に研削し、研削による残留応力の除去については $6 \mu\text{m}$ と $1 \mu\text{m}$ のダイヤモンドペーストで研摩し、さらに真空炉内で加熱温度 1073 K、保持時間 5 分、焼鈍を行った。抗折実験の結果は、Table 4 に示すように断続切削で高い寿命を示す XN-2 が X-2 より高い抗折強さを示し、抗折

Table 4 Transverse-rupture strength of bending specimens.

Tool material	X-2	XN-2
Rupture strength Gpa	1.29	1.41

Table 5 Characteristic of specimens.

Tool material	X-2	XN-2
Pore density vol%	0.40	2.34
Hardness H_{RA}	91.3	90.3
Rupture strength Gpa	1.29	1.41
Continuous cutting		
Low speed	○	▲
High speed	◎	▲
Intermittent cutting		
Low speed	▲	◎
High speed	○	○

力の点からも XN-2 工具の方が耐欠損性があることがうかがわれる。

Ⅲ 考 察

上述の結果をまとめて表記すると Table 5 のようになる。ここで、断続切削と連続切削では全く異なる切削性能を示す両工具は、ポア密度、母材強度（靱性値）など影響して物理的性質（硬度、抗折力）の差異につながり、これが切削性能として表われることとなる。

断続切削ではポアの多い XN-2 が優れているのは、(1) ポア部におけるクラック進展の阻止、(2) 抗折力の差（(1) のことを含む）、以上のことが考えられる。なお、ポアは破壊の主原因となる大型のものとは異なるミクロ的な球状のものであり、鋭敏なクラック先端の応力集中⁹⁾を緩和するものである。高速切削 $V=4.17$ m/sec（刃先温度 1300 K）で大差が認められないのは刃先温度が高いため延性破壊となり、ポアの影響が少なくなるためと考えられる。

連続切削においてポアの多い XN-2 が劣る原因としては、(1) 硬度差、(2) 拡散摩耗差、(3) ポアによるマイクロチップング、などが考えられるが Fig. 1 に示すようにクレータ摩耗形態は深く掘れ、硬度差の影響を強くうけた形

となりマイクロチップングが原因となる刃先のだれがない。この点より、(3) に示したチップングが支配的な摩耗は考えにくい。なお、中高速切削では摩耗面が、拡散の影響を強くうけ¹⁰⁾ ポアの多い品種は結合層内にあるポアによって工具、被削材間の元素拡散が絞られ単位時間当りの拡散量は減少するが、ポアのない結合層に集中的な拡散が起こり摩耗面の劣化を著しく早めるものと考えられる。

Ⅳ 結 言

同成分でポア密度の著しく異なる工具の連続、断続切削を行い下記の結論を得た。

- 1) 連続切削の場合、どの切削速度に対してもポアを多く有する XN-2 工具はポアを有しない X-2 工具より切削性能は著しく劣る。
- 2) 断続切削の場合、切削速度 $V=1.25$ m/sec では、連続切削とは逆にポアを多く含む工具の方が優れた性能を示した。なお、刃先温度の高い $V=4.17$ m/sec では両工具の性能には大きな差は認められなかった。
- 3) 連続切削と断続切削における逆の傾向は、主として刃先温度の低いときにはポアがクラック進展を阻害する役目を行い、サーメット工具中に粒径程度の丸いマイクロポアの存在は、断続切削において切削性能に悪影響をおよぼさない。

終りに、本研究に対して多大のご協力をいただいた日本特殊陶業株式会社から謝意を表します。

文 献

- 1) 竹山, 村田: 精密機械, **27** (1961), 33.
- 2) 中村: 潤滑, **21** (1976), 219.
- 3) 根岸, 青木: 精密機械, **42**, (1976), 459.
- 4) 浅井, 中谷, 原: 精密機械, **44**, (1978), 147.
- 5) 金属学会編: 金属便覧, 丸善, (1971), 612.
- 6) 新谷, 藤村: 精密機械, **48**, (1982), 21.
- 7) 河端, 藤村, 中林: 精密機械, **48** (1982), 74.
- 8) 河端, 藤村, 千徳, 中林: 昭和56年度精機春季大会前刷, (1981), 46.
- 9) 三浦, 坂本, 徳永: 粉体および粉末冶金, **27**, (1980), 12.
- 10) 千徳, 藤村, 河端: 昭和57年度精機秋季大会前刷 (1982), 7.

会 告

焼結金属材料の疲労特性調査研究報告書

標記報告書が今般日本粉末冶金工業会から発行された。同報告書は、機械構造部品用焼結材料の性能評価データの整備の一環として「疲れ強さ」に関するデータを蒐集

し、系統的判断の基準として活用できるデータ集を作成することを目的として作成されたものである。

問合せ: 東京都千代田区岩本町 2 丁目 2-16

玉川ビル 7 階 日本粉末冶金工業会

TEL (03) 862-6646