621.9.027.4-492.8 : 621.762.1

セラミックバイトの寿命曲線について*

(第 3 報, 損傷形態ならびに各種被削材への適用性)

奥 島 啓 式**, 藤 井 義 也***

On the Life-Diagram of Ceramic Tools

(3rd Report, Types of Failure and Applicability
in Machining Various Kinds of Materials)

by Keiji OKUSHIMA and Yoshiya FUJII

The cutting tests on carbon steels, alloy steels and aluminum were carried out with ceramic, cermet and carbide tools. From the results, the types of failure on the flank and face of tools were observed and the applicability of ceramic tools to various Kinds of work materials was discussed.

The results are as follows:

(1) The kinds of failure of ceramic tools when machining steels are essentially the same as those of carbide tools. The rectangular type of wear on the flank of ceramic tools is generally observed.

(2) It may be concluded that the ceramic tool shows good cutting characteristics for high carbon steel and free cutting steel, in comparison with carbide and cermet tools.

1. 緒 言

切削作業を能率よく行なうためには, 与えられた切削作業に最も適した工具形状・切削条件をえらぶ必要があるとともに, 切削工具材質を適当にえらぶことがたいせつである。

筆者らは鋼材切削へのセラミックバイトの実用化のため, 超硬バイトと比較しながら多くの実験を行ってきたが, 工具の切削性能を比較するとき (1) 切削抵抗, (2) 切削仕上面のあらさ, (3) 工具の寿命をもってする。工具寿命についてはセラミックバイトにおいて最も多い長方形チップングの場合について, 第 1 報⁽¹⁾においてセラミックバイトの摩耗原因および一定逃げ面摩耗幅を寿命とする寿命曲線の適用範囲, 第 2 報⁽²⁾において逃げ面摩耗過程および工具寿命の統計的性質について, 超硬バイトの場合と比較検討した。

しかし超硬バイトによる切削において観察されるように, 長方形チップング以外にも多くの損傷形態がある⁽³⁾。そこで本論文では前報までの考察の適用の範囲を知るため, セラミックバイトにあらわれる損傷形態を各種切削条件により実験して観察した結果について論じ, あわせて工具寿命よりみた各種被削材への適用

性を求めることを目的とする。

また本論文に使用するセラミックバイトはその添加物の種類から次の 2 種類に分類する。その種類によって物理的性質に多少の変化がみられる。

(1) アルミナ-酸化物系 アルミナ Al_2O_3 を主成分とし, これに $Cr_2O_3 \cdot CoO$ などの酸化物を加え, 材質のち密化をはかるもの (記号 B)。

(2) アルミナ-炭化物系 添加物として $TiC \cdot Mo_2C$ などの炭化物を入れたもの (記号 C)。

2. セラミックバイトの損傷形態

超硬バイトの損傷形態についてはすでに報告⁽³⁾されているが, セラミックバイトの損傷形態は超硬バイトにあらわれるそれと相違はない。セラミックバイトの損傷形態は終期欠損は別として次のように分類される。

- (i) すくい面損傷
- (ii) 逃げ面損傷

* 昭和 36 年 4 月 4 日 第 38 期通常総会講演会において論文講演として講演, 原稿受付 昭和 35 年 11 月 30 日。

** 正員, 京都大学工学部。

*** 正員, 静岡大学工学部 (浜松市追分町 400)。

第1図は上述の形態を図示するものである。以下各種切削条件ならびに工具材料について、すくい面ならびに逃げ面の損傷形態を観察する。

実験諸元は次のごとし

使用旋盤 三菱エリコン高速旋盤 DMOa 形

切削条件 削り速度 (V) 300~500 m/min

切込み (t) 0.5~2.0 mm

送り (s) 0.1~0.315 mm/rev

工具材料 セラミック, 超硬, サーメット (第1表)

工具形状 (-5, -5, 5, 5, 15, 15, 0.3~1.0 mm)

2・1 削り速度 0.4% 炭素鋼の丸棒 (外径 180 mm, 長さ 700 mm) をセラミックバイト C-1 を用いて 315~500 m/min の削り速度で切削した結果を第2図に示す。

(i) 逃げ面摩耗について 本実験において逃げ面に現われる損傷形態は, 削り速度のいかんによらず, 長方形チップングが観察される。ただ削り速度が高いと第3図の摩耗曲線にみられるように終期欠損が早期にあらわれる不利がある。

このような長方形チップングの形態を大越式あらさメータを利用して求めた結果が第4図である。この図から明かなように, 摩耗はだいたい相似三角形をなして進行している。

(ii) すくい面摩耗 セラミックバイトにおいて

第1表 工具材料の物理的性質

記 号		比 重	かたさ HRA	抗 折 力 kg/mm^2	
セラ ミ ッ ク	I	B-1	3.90	87~90	35
		B-2	3.85~3.96	92	45
		B-3	3.98	90~92	40
	II	C-1	4.2	93	50
		C-2	4.1~4.2	93~94	56~63
		サ ー メ ッ ト		5.8	92.5~93.5
超 硬 S1		15.0	91~92	120

第1図 損傷形態の分類

1: 2分切削
2: 8分20秒切削
3: 11分切削
t = 2.0 mm
s = 0.2 mm/rev

(a) 削り速度 315 m/min における損傷

(b) 削り速度 400 m/min (1分切削)

(c) 削り速度 500 m/min (20秒切削)

第2図

は短時間の切削ではすくい面の損傷はほとんど生じない。第 4 図はあらさメータを利用してクレータ深さを求めた結果で、切削時間とともに深くなる傾向がある。

2.2 工具材料 削り速度を 315 m/min とし、切込み 2.0 mm, 送り 0.2 mm/rev の切削条件で、0.4% 炭素鋼を各種工具材料で切削した結果を第 5 図に示す。

第 3 図 逃げ面摩耗の変化

第 5 図 (その 1)

1:2 分, 2:2 分, 3:3 分 20 秒, 4:5 分, 5:7 分, 6:10 分
(c) セラミックパイプ C-2 の損傷形態

第 5 図 (その 2)

1:2 分切削後 2:10 分切削後
(b) サーマットパイプの損傷形態

I:1 分 10 秒, 2:3 分 40 秒, 3:8 分 30 秒
(e) セラミックパイト B-2 の損傷形態

4:6 分 20 秒, 5:8 分, 6:10 分
(d) セラミックパイト B-3 の損傷形態

I:1 分, 2:3 分 40 秒, 3:5 分 20 秒

(d) セラミックパイト B-3 の損傷形態
第 5 図 (その 3)

(i) 逃げ面摩耗 セラミックバイトに現われる損傷はほとんど例外なく長方形チップングであるが、サーメットバイトおよび超硬バイトになると、長方形チップングのほかにノーズ部異常チップングが加わった形態になり、切削時間が長くなると三角形チップングに移行することが多い。

このように長方形チップングが現われやすいということはセラミックバイトの損傷の一つの特徴と考えられる。

またセラミックバイトの損傷はその材種によって、大きさを異にする。その摩耗曲線を第6図に示す。

(ii) すくい面 工具材質により、すくい面の損傷の形態は著しく相違がみられ、またクレータそのものの深さも異なっている。

第5図(d)のセラミックバイト B-3 の損傷はセラミック C-1, C-2 の場合と著しく外観が異なっていて、切削時間5分20秒になると、すくい面に条こんが観察される。この条こん部のみが大きくへこんでいるが、すくい面全体としてはほとんど摩耗していない。そしてこの条こんは切削時間とともにその本数が増加し、究極においてはセラミック C-1 などと同様のすくい面損傷となるものと思われる。この傾向は同系のセラミック B-2 においても観察される。この原因は切りくずとの真実接触面積が小さく、溶着がごく一部分でのみ起こることのためと考えられる。

第7図は各種工具材のクレータ断面を示すもので、クレータの形状そのものは工具材によって変わるものではないが、その深さはかなり異なり、セラミックバイトが最も少ない。

2.3 送り 切込みを 2 mm, 削り速度を 315 m/min として送りを 0.1, 0.2, 0.315 と変えて実験を行なった。0.1 mm/rev の送りの場合は第8図のように1分切削においては長方形チップングを示すの

に、さらに切削を進めると右図のように切刃のかけを生ずる。また送り 0.315 mm/rev の場合には切込みと同時にかけて切削を行なえなかった。

2.4 切込み 送りを 0.2 mm/rev とし切込みのみを 0.5 mm および 1 mm とした。結果は第9図

(a) セラミック・サーメットバイトのクレータ (10 分後)

$V=315 \text{ m/min}$, $t=2.0 \text{ mm}$
 $s=0.2 \text{ mm/rev}$, $V_B=0.22 \text{ mm}$

(b) セラミックバイト C-2 のクレータおよび逃げ面摩耗 (24 分後)

1: 2 分, 2: 4 分 30 秒, 3: 8 分, 4: 10 分

(c) サーメットバイトのクレータ

$V=315 \text{ m/min}$, $t=2.0 \text{ mm}$
 $s=0.2 \text{ mm/rev}$

(d) 超硬 S1 のクレータ (4 分切削後)

第 7 図

第 6 図 各種セラミックバイトの摩耗過程

(a), (b) のように長方形チップングが現われる.

2・5 被削材 セラミックバイトの寿命を左右するのは、変形抵抗の大きい材料を切削する場合に生じやすい欠けと、溶着性の強い材料を切削する場合の溶着物の存在と考えられる. そこで本実験ではかたい材料として 1.0 % 炭素鋼, 溶着性の強い材料としてアルミニウム合金 (鋳物) を採用した.

切削条件は削り速度 315 m/min, 切込み 2.0mm, 送り 0.2 mm/rev である.

(i) 1.0 % 炭素鋼 第 10 図に示すようにセラミックバイトにおいては, セラミック B-2 の場合を除いて, いずれも長方形チップングを生じた. しかし超硬およびサーメットバイトにおいてはこれにノーズ部異常チップングが加わっている. 各種バイトの摩耗曲線は第 11 図に示すようにセラミックバイトにおいては欠損を生じない限り, 超硬, サーメットよりすぐれている.

ただセラミックバイト B-2 においては異常チップ

1 分切削後
2 分 30 秒切削後
 $V=315 \text{ m/min}$, $t=2.0 \text{ mm}$, $s=0.1 \text{ mm/rev}$, セラミックバイト C-1

第 8 図 送りの影響

(a) 切込み 1.0 mm の場合の損傷形態
(10分切削後)

1: 3 分 45 秒
2: 7 分
3: 8 分 45 秒

(b) 切込み 0.5 mm の場合の損傷形態

第 9 図 セラミックバイト C-1

ングを伴っている。この傾向はかたい材料を切削するとき表われやすいので、後述するように 1.0% 炭素鋼の切削の場合の工具寿命は最大摩耗幅をもって比較する。

(ii) アルミニウム合金 第 12 図に示すように刃先への溶着物はセラミックバイトにおいてはきわめて有害であって、例外なく刃先に欠けを生じている。このような欠けを除外した平均摩耗帯幅で比較した場合でも、第 13 図のように超硬バイトに比較してきわめて不利である。そこで刃先への溶着物を積極的に除外する方法として SWC 形バイト⁽⁵⁾ による切削を行なった。第 12 図 (d) は送りがやや小さすぎ、効果が十分でなかったが、(b), (c) の場合と異なり欠けを生じなかった。(e) 図はランドの効果が十分な場合で摩耗も少なく、良好な切削が行なえた。この結果からも溶着物の存在がセラミックバイトにおいて有害であることが証明されるように考えられる。

2.6 切削様式 実験は第 14 図 (d) のようにならはじめみぞをつけた丸棒 (みぞ幅 20 mm, 実切削部 20 mm) について切削することにより行なった。実験結果は第 14 図のようになる。使用した材料は 1% 炭素鋼および合金鋼であって、第 14 図 (a) は送りの効果を示すもので削り速度 200 m/min, 切込み 1.0 mm による。送りを大きくするとノーズ部の異常チップングが現われ、0.4 mm/rev では三角形チップングが生じた。また山の傾き角を 75° としバイトの横切刃角と一致させると、わずか 6 山の切削で欠けを生じ切削を行なえなくなった。

第 14 図 (b) は削り速度の影響を示すもので、10 山の切削によって大なり小なり欠けを発生しているのがみられる。その損傷形態を第 14 図 (c) に示す。なお第 14 図 (b) の円内の時間は実際の切削時間を示すものである。また削り速度 315 m/min 以上では 10 山の切削が行なえず、欠けを発生する。

2.7 総括 以上の結果から次の結論がえられた。

(i) セラミックバイトの逃げ面の損傷形態は多くの場合、長方形チップングが主体となり、これにかたい材料の切削などの場合のように異常チップングが加わることがある。

(ii) セラミックバイトにおいてはすくい面の損傷が少なく、クレータ深さは超硬、サーメットに比較してはるかに少なく、サーメットバイトの約半分にすぎない。

(iii) セラミックバイトの損傷の特異性としては、このほかに第 15 図に示すような大きな境界二番摩耗を呈することがきわめて少ないことがあげられる。

(iv) 断続切削、またはアルミニウムなど溶着性の強い材料の切削においては欠損が早期にあらわれる欠点を有する。

3. 終 期 欠 損

上述したようにセラミックバイトにおいては多くの場合逃げ面長方形チップングが現われ、これがしだいに大きくなり、摩耗帯がある幅に達したとき突然に大きな欠け (一般にフレーキングと称するような大きな欠損) が生じ寿命点に達する。第 16 図はセラミックバイトの終期欠損を示す。被削材はいずれも 0.4% 炭素鋼である。切込みが大きい場合には第 16 図 (b) のような欠損を生ずると以後は切削は全く行なえない。しかし切込みの小さい場合には、その欠損の形によってはそれ以後の切削は行なえる。第 16 図 (c) はその一例を示すもので、3 分間切削では横逃げ面長方形チップングを示しているが、途中において突然に欠損を生じ切削仕上面にも大きな傷あとを残す。さらに切削を続けてゆくと、仕上面はまたむしれが少なくなってくる。しかしバイトの逃げ面を観察すると明らかに欠損のあとがみられ、三角形チップングを呈している。

4. 各種被削材に対する適用性

セラミックバイトの各種鋼材への適用性を検討するため、セラミックバイト C-1 によって第 2 表に示す 4 種の鋼材を次の切削条件で切削し、超硬 S1, サー

第 2 表 被 削 材 の 種 類

被 削 材	化 学 成 分 %									ブリネル か た さ
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo	Pb	
0.4% 炭 素 鋼	0.39	0.25	0.55	0.045	0.024	0.13	—	—	—	170
1.0% 炭 素 鋼	1.02~1.04	0.26	0.46	0.028	0.019	0.15	—	—	—	272
合金鋼 SNCM1	0.39	0.34	0.90	0.010	0.009	(Cr) 0.52	0.61	0.22	—	174
鉛入り快削鋼	0.47	0.24	0.70	0.019	0.009	0.22	0.17	—	0.18	207

1:1 分, 2:2 分, 3:4 分
4:5 分 40 秒, 5:7 分 20 秒, 6:8 分 20 秒

(a) セラミックパイト B-2

(b) セラミックパイト C-1 (3 分)

(c) セラミックパイト B-3 (8 分 20 秒)

第 10 図 1.0 % 炭素鋼の切削結果

第 11 図 1.0 % 炭素鋼の切削における
摩耗曲線

(a) アルミニウムの切削結果,
超硬の場合 (3 分後)

(b) セラミックバイト B-2 の
場合 (3 分後)

③は上図の溶着物を硝酸でとかして
取った場合
(c) セラミックバイト C-1 の
場合 (3 分後)

送り 0.2 mm/rev
(d) セラミックバイト B-2 の
SWC 形チップによる切削
結果 (40 秒後)

送り 0.4 mm/rev
(e) (d)図と同様

メットバイトの場合と比較した。

切削条件 削り速度 100~500 m/min

第 13 図 アルミニウム切削の場合の摩耗曲線

(a) 断続切削の結果、送りの影響 (SNCM1)

(b) 削り速度の影響 (1% 炭素鋼)

(c) 削り速度の影響

(d)

第 14 図

切込み 1.0 mm

送り 0.2 mm/rev

工具形状 (-5, -5, 5, 5, 15, 15, 1.0)

この場合逃げ面摩耗幅をどのくらいになったとき工具寿命とするかが問題となる。セラミックバイトにおいては欠けが生ずるまでとすれば良い。しかし超硬バイトやサーメットバイトにおいては横逃げ面の損傷ばかりでなく、しばしば前切刃の損傷もはなはだしく、そのため切削仕上面のむしれが多く、バイトの横逃げ面の損傷はさほどでないのに切削を中止しなくてはならなくなる。第 17 図はこれらの損傷の一例を示す。

4.1 0.4% 炭素鋼 0.4% 炭素鋼切削におけるセラミック C-1, サーメットならびに超硬 S1 の摩耗の進行過程を第 18 図に示す。超硬工具については本

実験において使用した鋼材に対しては $V_B=0.4$ mm を寿命点とすべきことが明らかにされている⁽⁴⁾ので, サーメット工具について寿命点を求める. 前述したようにサーメットバイトにおいては前切刃の欠損が大きいため, 仕上面のあらさは容易にむしれが発生し仕上切削として好ましくない. そこで中心線平均あらさが $250 \mu\text{in}$ に達したときを寿命とした. このときの横逃げ面最大摩耗幅は 0.4 mm 前後であり, 平均摩耗帯幅は 0.26 mm であった. したがってこれらを総括して削り速度 $315\sim 500$ m/min の範囲で採用すべき限界摩耗量は第3表に示すようになる.

ところが第18図(a)~(c)からわかるようにセラミックバイトでは 500 m/min で終期欠損を生ずるのに, 315 m/min では 0.6 mm まで切削が行なえる. それゆえ一定摩耗幅で比較するのは不合理であって, 各削り速度で別々の摩耗幅をもって比較すべきと考えられる. 第18図(e)は以上の一定摩耗幅を寿命と

第3表 セラミックバイトの限界摩耗量
(V_B の値のみをもって示した)

被 削 材	限 界 摩 耗 量			限界送り量 mm/rev	限界切込量 mm
	超硬 S1 mm	サーメット mm	セラミック mm		
0.4%炭素鋼	0.4	0.26	0.2	0.2	3.5
1.0%炭素鋼	0.4	0.30	0.2	0.2	2.5
ニッケルクロム モリブデン鋼	0.4	0.25	0.2	0.2	4
鉛入り快削鋼	0.4	0.25	0.6	0.2	4

$V=200$ m/min
 $t=0.5$ mm
 $s=0.28$ mm/rev 40分切削
 $V_B=0.3$ mm
被削材 0.4%炭素鋼

第15図 超硬 S1 バイトの境界二番摩耗

した場合の寿命曲線である. セラミックバイトが高速領域ですぐれていることが明らかである. なお半黒丸で示す曲線は各削り速度で破壊点寸前の摩耗を寿命点としたときのもので, 低速における寿命の増加が著しい.

第3表には限界摩耗量のほかに, 限界切込み, 送り量をも示した. セラミックバイトにおいては重切削が行なえないので, 各被削材についてどの程度の切込み, 送りが与えられるかを求めるものである. 本実験ではその比較の一方法として, 切削条件は削り速度を 315 m/min とし, 限界切込みに対しては送り 0.2 mm/rev, 限界送りに対しては切込みを 1 mm とし, それぞれ切込みと送りとを変化させ, 10分間の切削が行なえることを良とし, それまでに欠損を生ずるときは不良とした.

4.2 1%炭素鋼 1%炭素鋼の切削においては 0.4% 炭素鋼の場合と異なり, 異常チップングが進行するので最大摩耗幅によって比較される. しかし平均摩耗帯の限界値は 0.4% 炭素鋼の場合と大差ない. 第19図(a)は摩耗の変化を示すもので前述の場合と特に異なるところはない. 工具寿命線図は第19図(b)に示すようにセラミックバイトが実験の削り速度の範囲では常にサーメット, 超硬に比較して良い切削性能を示し, 比較的かたさの低い被削材に対してはサーメットバイトの良さがあらわれるが, かたい材料に対してはセラミックの特質が生かされることがわかる. またこの材料に対しては各削り速度で異なる摩耗幅をとっても, それほど寿命増加が望めない.

4.3 ニッケル・クロム・モリブデン鋼 セラミックバイトは合金鋼の切削においてはまだ十分な性能を示さない. 第20図(a)はその摩耗曲線であるが, 他材料に比較して欠損は比較的早期に表われ, 第20図(b)の寿命曲線においても一定摩耗幅による寿命は超硬 S1 と大差ない. 欠損までの寿命をもって比較したならば低速においていくぶん寿命は増加するがサーメットバイトにはおよばない.

4.4 快削鋼 本実験に使用した鉛入り快削鋼は切りくずの破砕性が非常に良好なため切削抵抗が少なくなっている. そのため第21図に示すようにかなり高速になっても, 欠損が現われにくく, この点が他被削材と傾向を異にする. 図中削り速度 315 m/min の場合はなお切削が可能であることを示す.

工具寿命は他被削材と同様 $V_B=0.2$ mm の場合が白丸, $V_B=0.6$ mm の場合を半黒丸で示したが, いずれもかなり良好な切削性能を示している. しかも高い削り速度では問題なくセラミックバイトが推奨され

る。

4.5 総括 以上セラミックバイトの高速精密仕上切削に対する実用性を検討するため、限界摩耗量を求め、これを基準として工具寿命を超硬およびサーメッ

トと比較した。これらの結果を総括すると次のようになる。

(i) 限界摩耗量 セラミックバイトにおいては快削鋼の場合以外は削り速度 300~500 m/min の範囲

3 分 26 分
 $V_B = 0.25 \text{ mm}$ $V_{B'} = 0.7 \text{ mm}$
 $V = 210 \text{ m/min}$
 $t = 0.5 \text{ mm}$
 $s = 0.28 \text{ mm/rev}$
 セラミックバイト B-1

セラミックバイト B-1
 6 分切削 93 分切削
 $V_{B'} = 0.42 \text{ mm}$ $V_{B'} = 0.6 \text{ mm}$
 $V = 210 \text{ m/min}$ $V = 50 \text{ m/min}$
 $t = 0.5 \text{ mm}$
 $s = 0.28 \text{ mm/rev}$

(a) うろこ状欠損

(c) セラミックバイトの損傷と仕上面

30 秒切削
 $V_B = 0.08 \text{ mm}$
 $V = 500 \text{ m/min}$
 $t = 2.0 \text{ mm}$
 $s = 0.2 \text{ mm/rev}$

(b) セラミックバイト C-1 の終期欠損

第 16 図 セラミックバイトの終期欠損

被削材 0.4% 炭素鋼
 $V=400$ m/min
 $t=1.0$ mm
 $s=0.2$ mm/rev
 14 分切削

(a) サーマットバイトの損傷

被削材 0.4% 炭素鋼
 $V=357$ m/min
 $t=1.0$ mm
 $s=0.2$ mm/rev
 4 分切削

(b) 超硬 S1 の損傷

第 17 図

(a) 0.4% 炭素鋼切削におけるセラミック C-1 の摩耗曲線

(c) サーマットバイトの摩耗曲線

(b) 超硬 S1 の摩耗曲線

(d) 横逃げ面摩耗形態

(e) 0.4% 炭素鋼切削の場合の工具寿命曲線

第 18 図

では、 $V_B=0.2\text{ mm}$ を限界とする。これに対しサーメット工具は $0.25\sim0.30\text{ mm}$ 、超硬工具は $0.4\text{ mm}^{(4)}$ とされ、工具のじん性が著しく影響している。

またセラミックバイトにおいては各削り速度における限界摩耗量が著しく変動しているの、削り速度を低くとれば限界摩耗量を大きくとることができる。超硬、サーメットバイトではこの傾向はセラミックバイトに比較して少ない。

(a) 1.0% 炭素鋼切削におけるセラミック C-1 の摩耗曲線

(b) 工具寿命曲線

第 19 図

(a) SNCM1 切削におけるセラミック C-1 の摩耗曲線

(b) 工具寿命曲線

第 20 図

(ii) 限界切込み・送り量 各種被削材に対し限界送り量は差異がないが、本実験の範囲では切込量は変化している。切込量はかたさが大きい材料ほど小となる傾向がある。

(iii) 工具寿命 各寿命線図より 60 分寿命削り速度を求めた結果を第 4 表に示す。セラミックバイトに対しては各削り速度に対し共通の V_B によるもののほかに、個々の限界値を与えた結果についても記す。

セラミックバイトは超硬バイトに対しては同等ないし 3 倍の削り速度を与えられるのに、サーメットに対しては共通の V_B を用いた場合には 1% 炭素鋼、個々に V_B をとったときは 1% 炭素鋼、快削鋼が高い削り速度で切削できる。この結果からセラミックバイトは硬質材料の仕上切削に対し最も良く性能を発揮することが明らかとなった。

5. 結 論

セラミックバイトが各種切削条件および各種被削材

第 4 表 60分寿命削り速度 m/min

被 削 材	超硬 S1 各削り速度に 対し一定の V_B	サーメット "	セラミック C-1	
			"	欠損までの V_B
1% 炭素鋼	110	240	340	370
0.4% 炭素鋼	100	300	290	360
快 削 鋼	70	220	165	340
合 金 鋼	150	260	160	200

(a) 鉛快削鋼切削における摩耗曲線

(b) 工具寿命曲線

第 21 図

に対して示す切削性能について考察した。結論は各章の終りに示したので本章では省略するが、高速切削とくにけたい材料の加工において、他工具材料に比較してすぐれた性能を発揮することを明らかにした。また本論文において、セラミックバイトにおいて採用すべき切削条件を示した。セラミックバイトの応用のための資料となると考える。

本実験に対し御援助下さった各社に謝意を表する。

文 献

- (1) 奥島・藤井, 本論文集 466ページ.
- (2) 奥島・藤井, 本論文集 473ページ.
- (3) 奥島・長富・大草, 機械学会論文集, 21-110 (昭 30), 738.
- (4) 奥島・長富・大草, 機械学会論文集, 23-130 (昭 32-6), 358.
- (5) 星, 金属切削, (昭 35), 丸善.

討

〔質問〕 (1) セラミックバイトに長方形チップングが現われやすいことは、私の鋼材切削でも認められている。鋼切削の場合、他工具より異常チップングしやすい(もろいため)はずのセラミックに、このような特徴が見られることはどう考えればよいか。不連続形切りくずの鋳鉄切削では、セラミックのほうが境界部異常チップングは顕著のようである。

(2) Al 合金切削でのセラミックへの SWC 刃形の効果は、仕上面、寿命で S1 (SWL 形を含めて) と同等ないし以上と期待できるか。純 Al 切削では新しく削り出されたアクティブな Al 原子が、 Al_2O_3 を還元するためセラミックの性能が劣るとの説もあるが。

(3) 本論文での断続切削はワークの長手方向みぞによるものでなく、たんに繰返し切削中断の意味のものか。

(4) ある切削時間経過後に起る欠損、つまり終期欠損が起る前に接触部(切りくずとすくい面、ワークと逃げ面)に割れの発生が認められなかったか。私の実験では横・前両切刃境界部に斜め形チップングが発生し(一種のノッチ)、そこから割れが発生し、すくい面上でつながって欠けるという現象をよく見かける。またこの割れはセラミックでは他工具より摩耗の少ない段階で起る。

(5) 削り速度が早いほど限界摩耗量が少ないということは、速度が早いほど温度が高く、上記ノッチ、割れも早く発生し、しかもセラミックの熱伝導度が低いために、他の工具材料では容易に識別できない削り速度の限界摩耗量への影響が顕著にみられるのではないか。

(6) 第3表で鉛入り快削鋼のときだけセラミックのほうが他工具より限界摩耗量が多いのは、セラミックの場合特に耐クレータ性良く、クレータ深さ K_T が少ないためと説明されるのか。終期欠損を支配するものは V_B でなく K_T/K_M (K_M : クレータ中心と切刃間距離) で 0.4 くらい(ただし超硬の場合)といわれているが、セラミックではこうした考え方より割れの発生がもっと支配的と思われる。

(7) けたい被削材に対するほどセラミックが良好なこと全く同意見であるが、やわらかい材料、たとえば

論

本論文での SNCM-1 で寿命がサーメットより短いということは、切りくずのタイプとか切削抵抗変化のように、直接接触部の摩耗に影響しないはずの因子により、切刃の異常チップングが起ったためではないか。つまり切りくずの処理法とか、もっと積極的に切刃にわずかな面取りをつけて、長方形チップングを起すようにすれば、やはりセラミックのほうがサーメットより著しく劣るという結果とならないか。もっともこの問題は工具形状という別の問題であると思うが、工具形状でくふうされ、接触部におけるケミカルな摩耗が主体となれば、Al 切削を除きセラミックは鋼、鋳鉄いずれでも最も強いと思われる。セラミックの欠陥は、第3表で限界送り量や切込量が他の工具よりずっと少ないという断続切削での性能でめいりょうに説明されている。

(8) 第5図(d)の条こんの発生は、非常にかわった現象のようである。セラミック材種のためか、あるいはもっと一般的現象であるかもう少し詳しく説明して下さい。(大草喜太雄)

〔回答〕 (1) 鋼切削においては通常流れ形の切りくずを生じ、連続切削ではセラミック工具に有害な衝撃、振動などがはいる機会が少ないことが、鋼切削で異常チップングが少ない原因と考えられる。鋳鉄切削では不連続切りくずによる切削力変動が異常チップングをおこさせる。

(2) Al 合金に対しては工具刃先への溶着が著しいので、200 m/min くらいの削り速度でもしばしば刃先の溶着物のため過度の摩耗を生じた。そこでこの溶着物の流れを良くする意味で SWC 刃形を用いたのであって、結果はかなり改善されている。Al を還元するという説については可能であると考えるが、まだ仮説としかいえない。

(3), (4) 断続切削がセラミック工具に有害なことは、切削力を変動させることから容易に推察される。そこで本実験では繰返し切削中断を行なった。というのはわれわれはセラミックはすべて連続切削に用いるべきことを提言しているので、この場合断続は切始めと切終りにあるので、これの影響を知る必要があるためである。この時の欠損発生については御指摘のよう

な結果がしばしばみられる。

(5), (6) 限界摩耗量の決定は, セラミック工具の使用上重要である。われわれはこの論文の第1報で, 熱衝撃による割れ生成が高速度域における欠損の原因であることを示した。これはしばしば切込み時に生成するもので, 温度差が大きいほど割れも大となり, またその伝ばも早いと考えられ限界摩耗量が下がると考えられる。しかし快削鋼において限界摩耗量が大きい理由については, 本実験では確実な推定はできなかったが, 御指摘のことは十分考えられる。

(7) かたい材料ではしばしば切刃に不規則チップングが生成し破断することがある。これをふせぐため面取りを行なうことが推奨される。その他適用性については御意見のとおりと考える。

(8) すくい面損傷について, 一部に深いみぞを作ることとは摩耗試験においてよく観察される。これが割れでないことは研摩後観察すると明らかである。これの生成原因は次のとおりである。セラミック材料では

A : 山部
B : みぞ部, 金属の付着がめいりょうにみられる

付図1 高温摩耗試験による条こん

金属材料と高温で接触し, 一部に溶着をおこす。この部分はその周辺より早く摩耗し, ここに溶融した金属が充てんされる。さらに次の段階でこれが取去られて深くなってゆくものと考えられる。付図1はその一例を示すもので, A, B部がだいたい同じピッチで生じている。

621.914.1.027.4 : 669.018.9

TiC 系サーメットによる正面フライス削りの研究*

奥 島 啓 式**, 星 鉄 太 郎***

Utilizing TiC Cermet Tool Material in Face-Milling

by keiji OKUSHIMA and Tetsutaro HOSHI

Providing a bevel land at a cutting edge strengthens the edge against impacts. It enables a more unwearable but brittle tool material to be employed in face-milling for a better milling performance. As example of this potential development, TiC cermet is studied to be utilized in face-milling of steels.

A single braded cutter is used in fundamental experiments, where the effects of the bevel land and the radial rake on cutting forces, low speed breakage and high speed breakage, and the comparison between the cermet and several carbides are studied.

Based on the results of those tests, a throw-away type cermet cutter is made so as to obey practical demands. A test run of the cutter apparently proves its utility.

1. 緒 言

TiC 系サーメット工具の開発は耐摩耗性のすぐれた反面もろいセラミック工具と, 十分なじん性をもって今日最も広く用いられている超硬合金工具とのすぐれた面をかねそなえたものとして高く評価され, 主として旋盤削りの合理化に大きく寄与している。

しかし鋼の正面フライス削りにおいては超硬合金の中でも耐摩耗性が小さくじん性の大きな P30 相当程度の材種がおもに用いられており, 耐摩耗性の大きな材種はじん性が不足するためあまり用いられない状況にある。これは断続切削に伴う衝撃のためじん性の小さい材種では破損しやすいのでやむをえずとられている処置である。できればじん性の小さい材種でも破損せず用いられるようになって, すぐれた耐摩耗性により高い削り速度で, しかも摩耗のために切味を害されことなくフライス削りを行なえることが望ましい。

* 昭和 37 年 10 月 30 日 第 40 期全国大会講演会において論文講演として講演, 原稿受付 昭和 37 年 7 月 25 日。

** 正員, 京都大学工学部。

*** 准員, 京都大学工学部(京都市左京区吉田本町)。