

2 経 常 研 究

2-1 新素材切削工具の性能評価に関する研究

— 普通鋳鉄切削における TiN 系, Al_2O_3 系

セラミック工具の比較 —

泊 誠
前 野 一 朗

1. は じ め に

TiNは高硬度、低比重で耐酸化性にも優れているので、現在サーメットとして用いられている。しかしサーメットはセラメックに比べると構造的に高強度ではあるが、耐熱性に劣っている。

本報告では、工業技術院九州工業試験所で開発されたTiN系セラミックの切削工具としての特性を検討するため、被削材を普通鋳鉄とし、比較用工具として Al_2O_3 系セラミックを用いて旋削した結果を報告する。

2. 実 験 方 法

2-1 工 具

TiN系セラミック工具は、焼結助材としてTiB₂が使われている。 Al_2O_3 系セラミックは住友電気工業㈱のW80である。

ホルダーにより旋盤に取付けた時の工具諸元は、 $(-6^\circ, -5^\circ, 6^\circ, 5^\circ, 15^\circ, 15^\circ, 0.8mm)$ であり、角度 19° 、幅 $0.11mm$ (実測)のホーニングが施されている。

2-2 被削材

市販デンスパー($\phi 80$)で、引張強さ $18kgf/mm^2$ 以上、硬さHRB75~95である。化学分析値を表1に示す。

表 1. 被削材の化学分析値

T・C	Si	Mn	P	S
33.8	2.89	0.40	0.073	0.017

2-3 切削条件

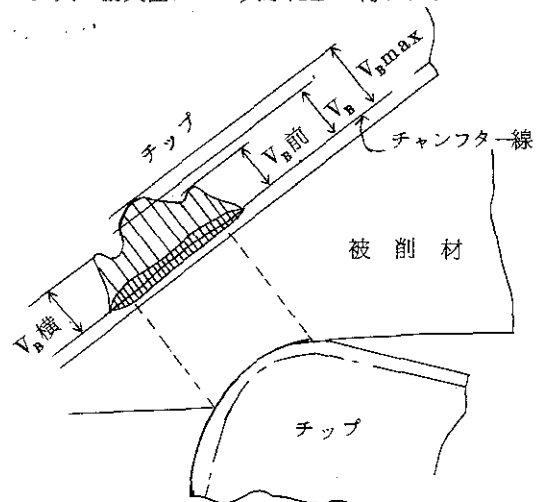
切削条件は表2のとおりであり、被削材の外径を約 $10mm$ 程度削除後供試した。工具の突出し長さは $25mm$ 、切削速度は $\pm 5\%$ の範囲である。

表 2. 切削条件

事 項	切削速度 (m/min)
T i N 系	150, 200, 300, 400
Al_2O_3 系(W80)	200, 300, 400, 550
切 込 み t	$0.5mm$
送 り f	$0.15mm/rev$
切 削 方 式	drv

2-4 測 定

工具の耐久性は、工具摩耗量で判断することと



V_B : 逃げ面平均摩耗
 $V_{B \max}$: 逃げ面最大摩耗
 $V_{B \text{横}}$: 横逃げ面境界摩耗
 $V_{B \text{前}}$: 前逃げ面境界摩耗

図 1. 逃げ面摩耗測定位置

し、工具逃げ面の平均摩耗 $V_B = 0.2 \text{ mm}$ のときの寿命、または 30 min 切削時の摩耗量(摩耗幅)による。逃げ面摩耗の測定は図1による。

3. 結果と考察

3・1 逃げ面摩耗経過

TiN系セラミックについて

図2に工具の摩耗経過を示す。

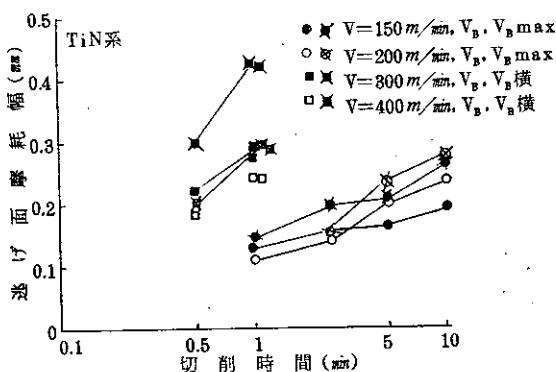


図2 TiN系セラミック工具の摩耗経過

工具摩耗は、被削材の外周を切削する横逃げ面境界の摩耗が大きくなる傾向にあり、前逃げ面の境界摩耗は小さいかまたは確認が困難であった。

逃げ面の摩耗形状は、低切削速度の $V=150$ 、 200 m/min では逃げ面摩耗中央部が丸みのある凸形となり、境界摩耗は小さいか、確認困難である。 $V=300$ 、 400 m/min における逃げ面摩耗形状は、大きく成長する横逃げ面境界摩耗から、前逃げ面境界摩耗にかけて傾斜した摩耗面を呈する。この状況は後述の写真に示されている。

このため図2においては、低切削速度の $V=150$ 、 200 m/min の場合は逃げ面中央の平均摩耗幅 V_B と最大摩耗幅 $V_{B \text{ max}}$ の経過を示している。また高切削速度の $V=300$ 、 400 m/min の場合は、逃げ面中央の平均摩耗幅 V_B と逃げ面摩耗で最大を示した横逃げ面境界摩耗幅 $V_{B \text{ 横}}$ を示している。

このように逃げ面の摩耗は、低切削速度の $V=$

150 、 200 m/min の場合と、高切削速度の $V=300$ 、 400 m/min の場合とでは形状的にも相違があり、また通常の摩耗経過においては、切削速度が高いほど逃げ面摩耗は早くなるが、このTiN系サーメットの場合は、切削速度が高い $V=400 \text{ m/min}$ の場合よりも切削速度の低い $V=300 \text{ m/min}$ の方が摩耗は早いという結果になった。

このTiN系サーメット工具は、図2のように短寿命であることと、高切削速度において通常の摩耗経過と異なるということが特徴である。

Al_2O_3 系セラミックについて

図3～6に Al_2O_3 系セラミック工具の摩耗経過を示している。

逃げ面の摩耗形状は、逃げ面の両側に境界摩耗

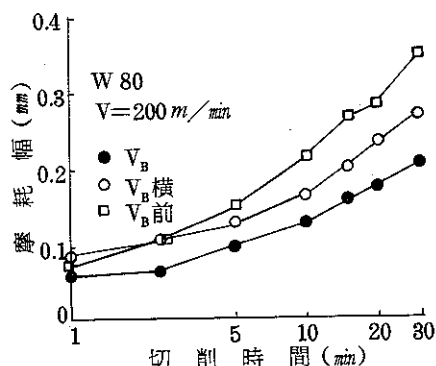


図3 Al_2O_3 系セラミック工具の摩耗経過 (W80) (1)

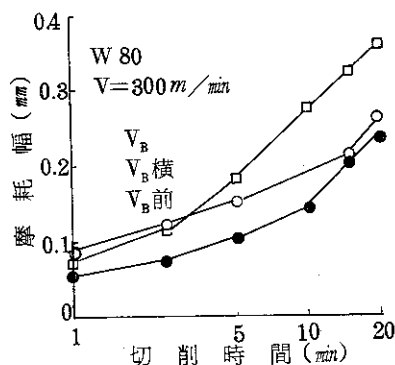


図4 Al_2O_3 系セラミック工具の摩耗経過 (W80) (2)

のある通常の摩耗を示し、逃げ面中央の摩耗は、小さなチッピングから生長するいくつかの小さいすきとり摩耗を除くと均一な正常摩耗であった。

摩耗経過は図3～6に示すように非常に安定した摩耗を示している。また試験終了時の工具は何らの支障なく継続して使用可能な状態であった。

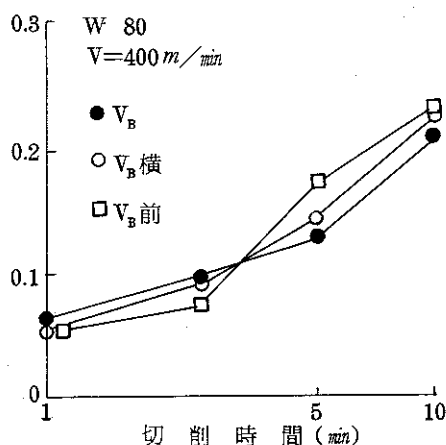


図5 Al_2O_3 系セラミック工具の摩耗経過 (W80) (3)

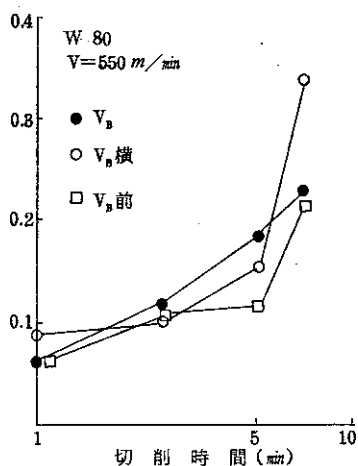


図6 Al_2O_3 系セラミック工具の摩耗経過 (W80) (4)

3・2 すくい面摩耗

すくい面の摩耗は、 $V_B=0.2mm$ 付近のみその深さを測定した。

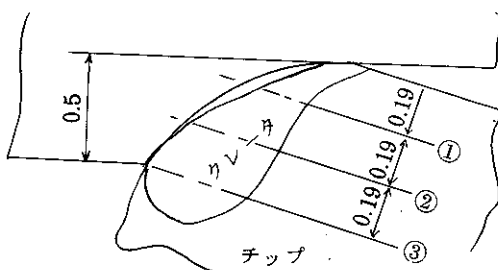


図7 クレータ測定位置

すくい面の測定は図7に示すように、クレータを4等分した8か所の深さを表面あらさ測定機で測定し、その最大値をクレータ深さとした。

このようにして測定したクレータ深さを図8に示す。

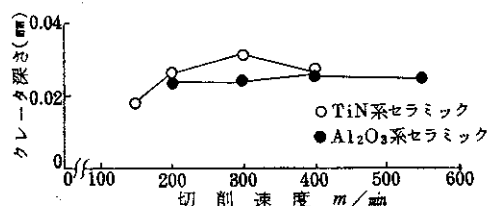


図8 $V_B=0.2mm$ 付近のクレータ深さ

Al_2O_3 系セラミックは、切削速度によらず一定したクレータ深さを示しているが、TiN系セラミックの場合は一定していない。TiN系セラミックでは、図2において逃げ面摩耗経過が通常の摩耗経過と異なり、 $V=400 m/min$ の場合と $V=300 m/min$ の場合とが逆転していたが、クレータ摩耗についてもこの傾向を示している。

しかし工具寿命を逃げ面摩耗 V_B により判定するとき、安定した工具ならこの Al_2O_3 系セラミックのように、同一の逃げ面摩耗幅 V_B に対し同一のクレータ深さを示すと考えられるが、TiN系セラミック工具の場合には $V=300 m/min$ 以下においてクレータ深さは切削速度に依存している。

3・3 工具寿命

図9に工具寿命曲線を示す。

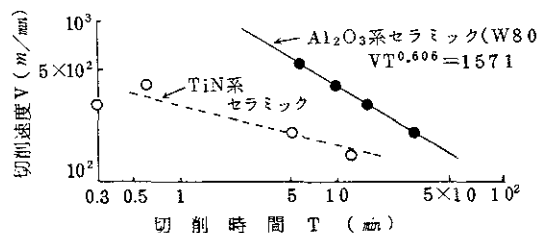


図9 工具寿命曲線
普通鋼鉄 $t=0.5 \text{ mm}$, $f=0.15 \text{ mm/rev}$
 $V_B=0.2 \text{ mm}$ 乾式

Al_2O_3 系セラミックは非常に安定しており、 $V_B=0.2 \text{ mm}$ とすると、その寿命は $VT^{0.606}=1571$ となる。

TiN系セラミックは短寿命、不安定のため寿命方程式を示すに至らない。

3・4 仕上げ面あらさ

図10に仕上げ面あらさの経過を示す。

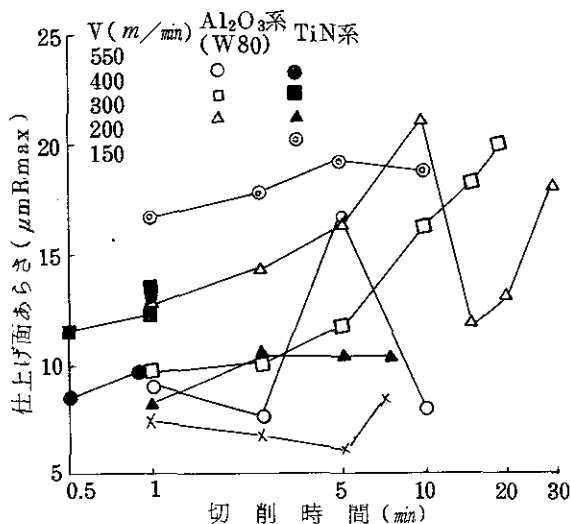


図10 仕上げ面あらさの経過

TiN系セラミックの $V=300, 400 \text{ m/min}$ の場合を除くと、TiN系、 Al_2O_3 系共に仕上げ面の表面あらさは、切削速度が高いほど小さくなっている。

TiN系セラミックは、 $V=150, 200 \text{ m/min}$ では安定した仕上げ面を示している。仕上げ面の表

面あらさは、逃げ面摩耗が進行すると、その前逃げ面境界摩耗により決定づけられると考えられるが、この場合に仕上げ面が安定しているのは、3・1で述べたように前逃げ面の境界摩耗が小さく、しかもあまり成長しないためである。

Al_2O_3 系セラミックにおいて切削が進むと、特に $V=200, 300 \text{ m/min}$ において仕上げ面の表面あらさが大きくなるのも前逃げ面境界摩耗が大きくなるためであり、その経過は図3、4のとおりである。

$V=200 \text{ m/min}$ においてTiN系セラミックと Al_2O_3 系セラミックの仕上げ面の表面あらさを比較すると、TiN系セラミックの方がかなり小さい。これもTiN系セラミックにおいては、この切削速度において前逃げ面境界摩耗がかなり小さく、 Al_2O_3 系セラミックでは大きく成長していくことによると考えることができる。

3・5 工具摩耗と損傷

TiN系セラミックについて

写真1にTiN系セラミックの工具の摩耗状況を示す。

TiN系セラミックは、低切削速度の $V=150, 200 \text{ m/min}$ ではすくい面摩耗が切屑の流出方法に広がり、しかも切刃部で生ずるチッピングがすくい面上で、切屑の流出方向に生長する形ですくい面は広がっていく。またすくい面の横逃げ面付近からすくい面内側に向って、すくい面上の境界摩耗が広がっていく。すくい面のあらさは大きくなる。

逃げ面摩耗はチッピングにより進行するが、欠損は起らない。

$V=300, 400 \text{ m/min}$ では、すくい面の幅は小さく、なめらかである。横逃げ面境界摩耗が非常に大きくなるが、欠損はない。

切刃の摩耗は、正常の摩耗を示し、チッピングはほとんど起らない。

Al₂O₃系セラミックスについて 普通鋳鉄切削では、セラミックは安定した長寿命の工具であるが、この写真でもこのことが示されている。

写真2にAl₂O₃系セラミックの工具の摩耗状況を示す。

写真には、1 min切削時、 $V_B=0.1, 0.2\text{ mm}$ 付近(終了時付近)の摩耗状況を示している。

写真では低切削速度の $V=200, 300\text{ m/min}$ において、前逃げ面境界摩耗が大きくなっている以

表3 TiN系, Al₂O₃系セラミックの性能比較

	TiN系セラミック	Al ₂ O ₃ 系セラミック(W80)
逃げ面摩耗	○ チッピングにより摩耗は進行する。 ○ 摩耗形状は中高の山形の形状。 ○ $V=200, 150\text{ m/min}$ では境界摩耗小。 ○ $V=300, 400\text{ m/min}$ では横逃げ面境界摩耗が非常に大きく、最大となる。 ○ 前逃げ面境界摩耗は小さい。 ○ 摩耗が非常に早い。	○ チッピングは起こりにくい。 ○ 摩耗は正常の均一摩耗 ○ 摩耗はゆるやかに進行する。
クレータ摩耗	○ クレータ内にチッピングが生ずることがある。 ○ クレータ面はあらい。 ○ クレータ内に溶着物が付着することがある。 ○ V_B =一定のとき、クレータ深さは変化する(不安定)。 ○ クレータ深さはAl₂O₃系より大。 ○ クレータ内境界摩耗発達。	○ クレータは安定し、なめらか。 ○ クレータ内チッピングはない。 ○ V_B =一定ならクレータ深さも一定(安定)。
工具損傷	○ チッピングが起こりやすい。 ○ 欠損はない。	○ なし
工具寿命 ($V_B=0.2\text{ mm}$)	○ 非常に短い	○ $VT^{0.606}=1571$
仕上げ面 あらさ	○ $V=200, 150\text{ m/min}$ では200 m/minの方がかなり大きい。 ○ 摩耗が大きくなると、あらさは大きくなるが、安定した変化を示す。 ○ $8.5\text{ }\mu\text{mRmax}$ 以上	○ 切削速度が高い程良好 ○ $6.1\text{ }\mu\text{mRmax}$ 以上

外特に欠損，チップング等はない。実際の観察では小さなチップングから生長する小さいすきとり摩耗が見られた。

4. TiN系セラミックと Al_2O_3 系セラミックの比較検討

TiN系セラミックと Al_2O_3 系セラミックについて，3・1～5で検討した結果を比較整理したのが表3である。

5 ま と め

新素材工具として開発されたTiN系セラミックの普通鋳鉄に対する切削工具としての有効性（性能）を評価するため，普通鋳鉄の旋削に対してすぐれた工具である Al_2O_3 系セラミック工具との比較試験を，旋削により行なった。

その結果，開発されたTiN系セラミックは普通鋳鉄旋削に対し，極端な短寿命，工具の不安定性のため不向きであることがわかった。

TiN系セラミックと Al_2O_3 系セラミックの比較検討詳細は，本文4の表3に示したとおりであった。

6 ま と め

工業技術院九州工業試験所で開発されたTiN系セラミックの切削工具としての有効性（性能）を評価するため，普通鋳鉄旋削試験を分担した。

試験を進めるについては，同工試道津毅課長の指導のもとに行なった。

ここに謝意を表する。

写真1 TiN系セラミックの摩耗状況

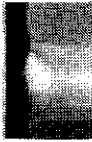
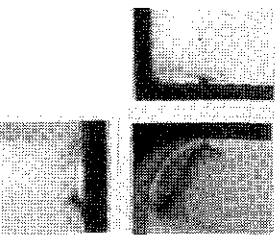
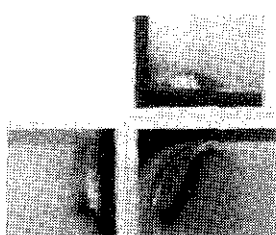
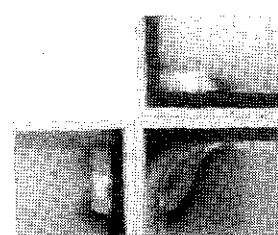
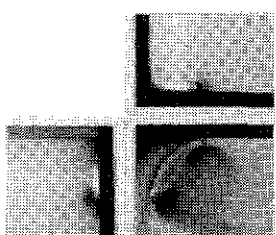
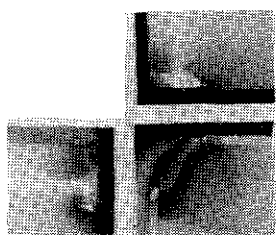
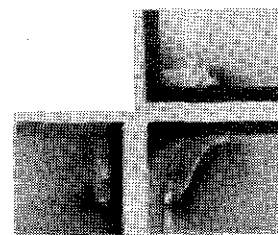
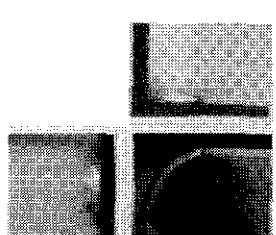
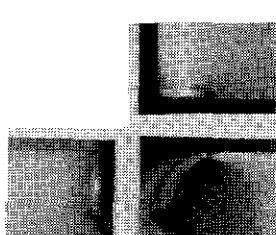
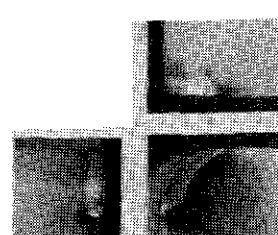
切削時間 切削速度	0.5 min	1	2.5	5	7.5	10
$V=150$ m/min		 	 	 		 
200		 	 	 	 	
300	 	 				
400	 	 				

写真2 Al_2O_3 系セラミックスの摩耗状況

	1 mm	10	30
切削速度 $V=200$ m/min			
300			
	1 mm	2.5	10
400			
	1 mm	2.5	7
550	