

TiB₂系セラミックス工具とTiCN系コーティング 工具の鑄鉄切削に対する性能比較

泊 誠・山下 宣良

1. はじめに

近年切削加工は、切削速度の高速化とともに、硬い材料、特殊材料を低コストで切削することに努力がはらわれている。このため、多種類の工具の中から最適工具を選び、最適切削条件で切削加工が行なわれている。

一方、工具は一種類の工具で多種類の被削材に対応していた切削から、一種類の工具の性能を十分に発揮させる範囲を狭めつつある。従って一種類の工具の最適な被削材の選定も重要である。

本稿では新しく開発されたTiB₂系セラミックス工具の鑄鉄切削に対する性能を調べるため、TiCN系コーティング工具の切削性能と比較検討したことを報告する。

2. 実験方法

実験は、新しく開発されたTiB₂系セラミックス工具（以下TiB₂系という）とTiCN系コーティング工具（以下TiCN系という）を用いて旋削による寿命試験、及び工具損傷比較を行なった。

2-1 工具の組成と物性

TiB₂系の組成と物性を表1に示す。TiCN系は市販コーティング工具で、特殊超硬合金の母材にTiCNを主体にした数ミクロンのコーティング層をもつ。

表1. TiB₂系セラミックス工具の組成と物性

組 織	TiB ₂ -30%wt% MoSi ₂
製 造 法	ホットプレス
密 度 (g/cm ³)	4.9
硬 さ (H _v)	2450 (微小)
抗折力 (kgf/mm ²)	71.4

2-2 被 削 材

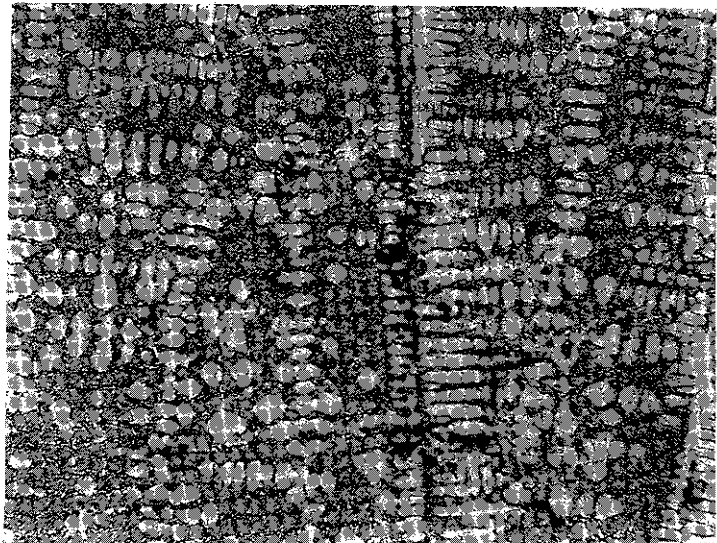
市販ねずみ鑄鉄品3種(FC20)でその化学分析値を表2に示す。また引張り強さは23kgf/mm²硬さはH_B166であった。

被削材は外径80mmのものを使用した。実験に供した付近の組織を写真1に示す。

表2. 被削材の化学分析値

(%)

T・C	Si	Mn	P	S
3.38	2.89	0.40	0.073	0.017



(×100)

写真1 被削材の組織

2-3 工具形状とホルダー

工具は本実験用に小型化されており、内接円の直径6.35mm、厚さ3.25mm、ノーズ半径0.8mmである。ホルダーは、CSBNR-2020で、工具をホルダーに取り付けたときの工具諸元は(-6°, -5°, 6°, 5°, 15°, 15°, 0.8mm)である。

また工具にはホーニングが施されており, TiB_2 系は幅 $0.07 \sim 0.09 \text{ mm}$, 角度 $15^\circ \sim 34^\circ$, $TiCN$

系は円弧ホーニングである。ホーニングの状況を写真2に示す。

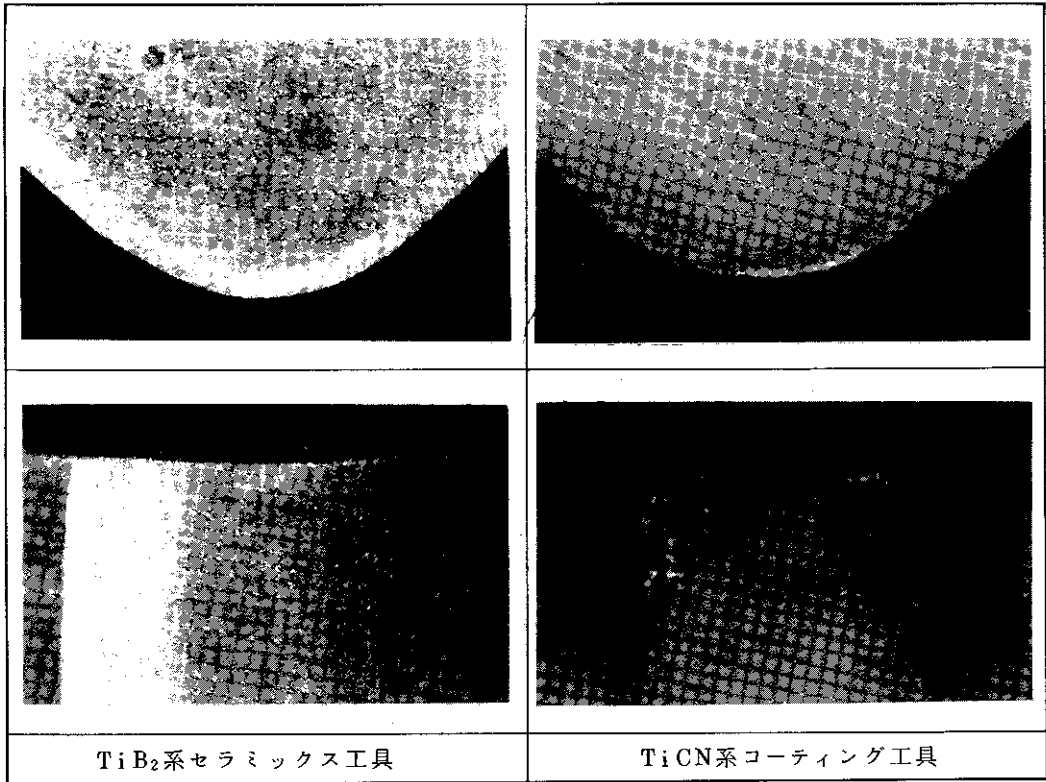


写真2 ホーニング状況

2-4 切削条件

使用した旋削は、三菱重工業㈱HL-300U型で、切削はチャックセンターワークとし、工具突出し長さは 25 mm とした。

切削条件は、表3に示すとおりである。

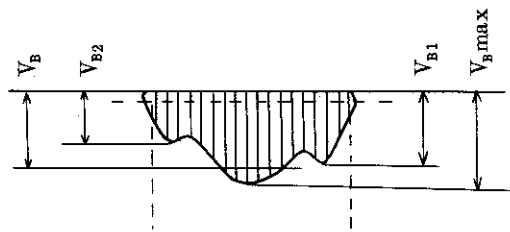
表3 切削条件

切削速度 (m/min)	200, 300, 400, $\pm 5\%$
切り込み (mm)	0.5
送り ($mm/rev.$)	0.195
切削外径 (mm)	76~72
切削方式	乾式

2-5 工具摩耗の測定と寿命

逃げ面の平均的摩耗形態は図1のようになるの

で、図の4ヶ所の摩耗経過を測定することとし、工具寿命は逃げ面の平均摩耗幅 V_B が 0.2 mm に達するときとした。



逃げ面最大摩耗 V_{Bmax}
 // 平均 // V_B
 横逃げ面境界摩耗 V_{B1}
 前 // // V_{B2}

図1 逃げ面の平均的摩耗形態

3. 実験結果と考察

本実験で比較用工具として用いたTiCN系コーティング工具は、鑄鉄切削の場合は低速高送り、鋼切削の場合は中高速切削に有効とされる工具である。

切削試験は切削速度200~400m/minの高速域で行なったため、 $V_B = 0.2\text{ mm}$ のときの寿命はかなり短かく、特にTiB₂系は極端に寿命が短いことが特徴的であった。

またこのような高速域においては両工具共に逃げ面、すくい面への着着が大ききことも特徴的であった。

3-1 工具の摩耗経過

TiB₂系セラミックス工具

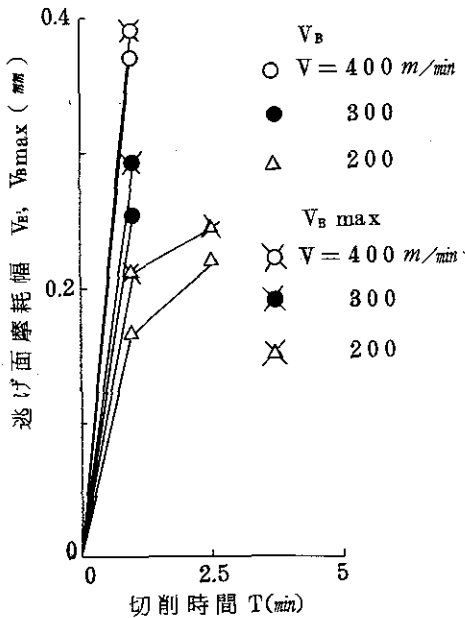


図2 TiB₂系セラミックス工具の逃げ面境界摩耗経過 ($V_B, V_{B\max}$)

$f = 0.195\text{ mm/rev.}, t = 0.5\text{ mm}$

図2に逃げ面の平均摩耗 V_B と最大摩耗 $V_{B\max}$ の経過を、図3に横逃げ面境界摩耗 V_{B1} と前逃げ面境界摩耗 V_{B2} の経過を示す。

以後図1で示した記号により説明する。

図2の特徴は $V_B, V_{B\max}$ 共に非常に短時間に摩耗が進むことであり、特に $V = 300, 400\text{ m/min}$ の場合は極端である。

図3には境界摩耗を示している。 $V = 300, 400\text{ m/min}$ では、図2の $V_B, V_{B\max}$ と同様 V_{B1} の摩耗が極端に大きくなっている。これは後に示す写真3にもよく現われている。

TiB₂系は高速で非常に大きな摩耗を示し、特に切刃部として重要な横逃げ面の境界摩耗が最も大きい摩耗を示すだけでなく、中速域の $V = 200\text{ m/min}$

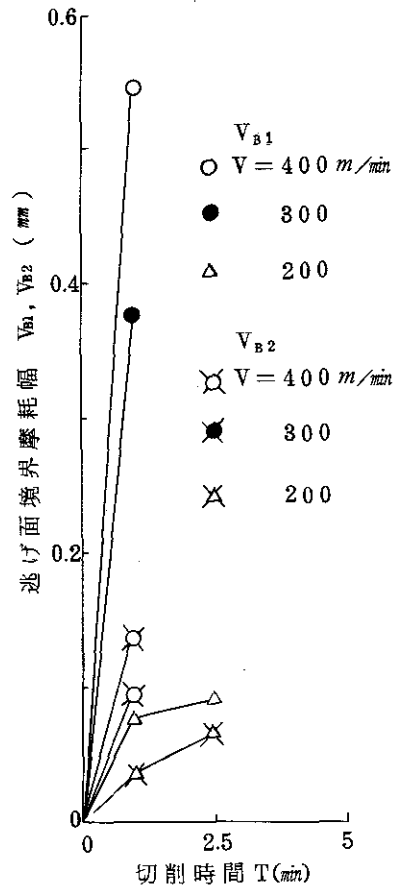


図3 TiB₂系セラミックス工具の逃げ面摩耗経過 (V_{B1}, V_{B2})

$f = 0.195\text{ mm/rev.}, t = 0.5\text{ mm}$

でも短寿命であるので、中高速での鋳鉄切削には不適当な工具と言える。

TiCNコーティング工具

図4に V_B および V_{Bmax} の経過を、図5に V_{B1} および V_{B2} の経過を示している。

図4において $V = 400\text{ m/min}$ 、 $V = 300\text{ m/min}$ の2.5 minまで、 $V = 200\text{ m/min}$ の10 minまでは V_B と V_{Bmax} の間に大きな差が見られないのは、この間ほぼ均一摩耗を示すためである。

$V = 400\text{ m/min}$ と $V = 300\text{ m/min}$ の2.5 min以後摩耗が大きくなっていくのは、切刃と逃げ面のコー

ティング層が完全に摩耗し、母材の超合金層で切削がなされているためである。後の写真4からもわかるように $V = 200\text{ m/min}$ の場合においても5 min経過時にすでにコーティング層は完全に摩耗していると思われるが、この場合は超硬合金の上限切削速度付近で切削が行なわれていると見るべきであり、摩耗もそのような経過を示している。

図5では V_{B1} が V_{B2} よりいく分大きい、図4の V_B 、 V_{Bmax} と比較するとき、逃げ面の摩耗は均一摩耗から中凸の摩耗をたどり、境界摩耗が発達しないということが重要である。

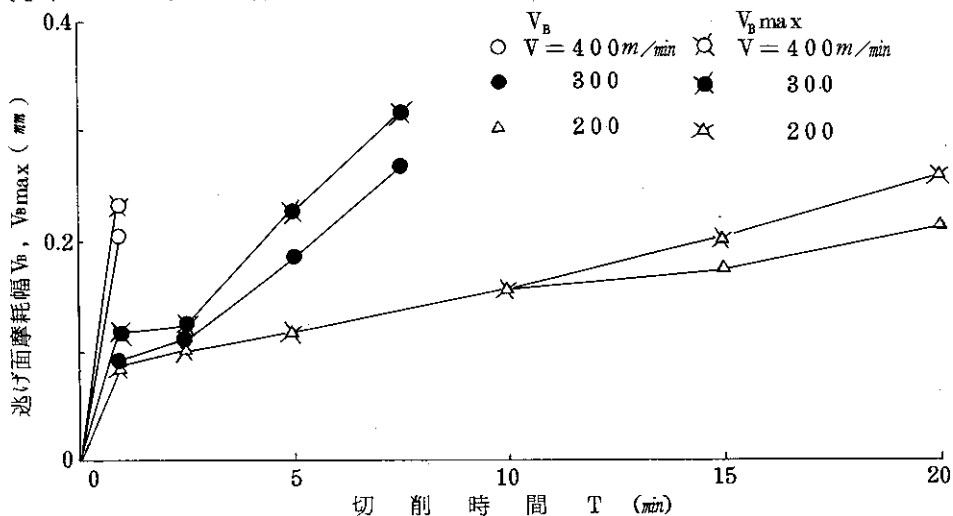


図4 TiCN系コーティング工具の逃げ面摩耗経過 (V_B , V_{Bmax})
 $f = 0.195\text{ mm/rev.}$, $t = 0.5\text{ mm}$

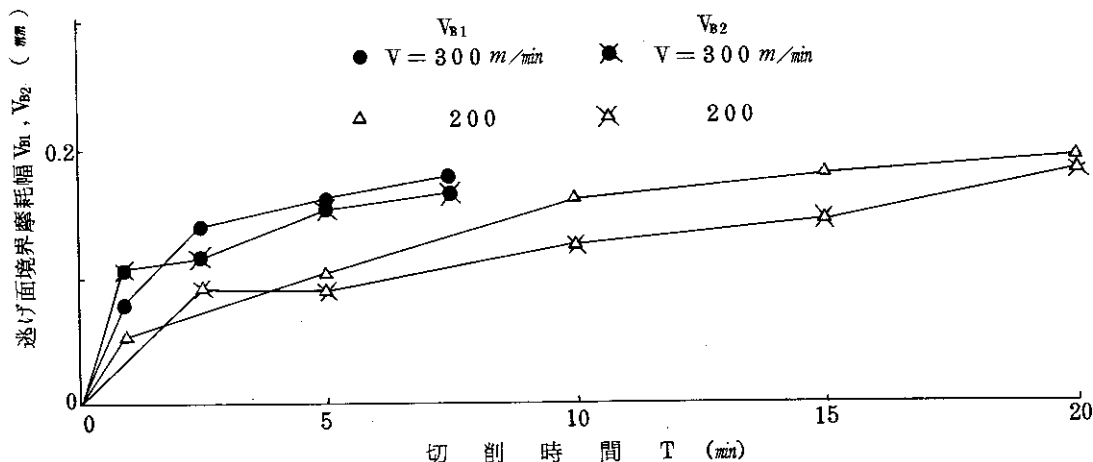


図5 TiB₂系コーティング工具の逃げ面境界摩耗経過 (V_{B1} , V_{B2})
 $f = 0.195\text{ mm/rev.}$, $t = 0.5\text{ mm}$

特に横境界摩耗が発達しないということは、良好な切削を長時間保ちうるということであり、TiB₂系に比較して非常に安定した工具と言える。

すくい面摩耗

すくい面摩耗はTiB₂系、TiCN系共にすくい面への溶着が起り測定しなかったが、TiB₂系のV=400, 300 m/minはかなり大きくなった。

3-2 工具寿命

図6にTiB₂系とTiCN系の寿命曲線を示す。TiCN系については図4より寿命時間を求め、TiB₂系については図2のV=400, 300 m/minの1 min

以下の部分を比例配分して寿命時間を求めて、各々の寿命曲線を得た。

寿命方程式は概略、TiB₂系については

$$VT^{0.49} = 280, \text{ TiCN系については } VT^{0.27} = 280$$

である。

この結果はTiB₂系についてV₆₀=38 m/min、TiCN系についてV₆₀=145 m/minとなり、またV=200 m/minの場合、TiB₂系は2 min、TiCN系は18.5 minの寿命(V_b=0.2 mm)ということになる。このことから、TiB₂系はTiCN系に比較して非常に寿命が短かく、鑄鉄切削には不向きということがわかる。

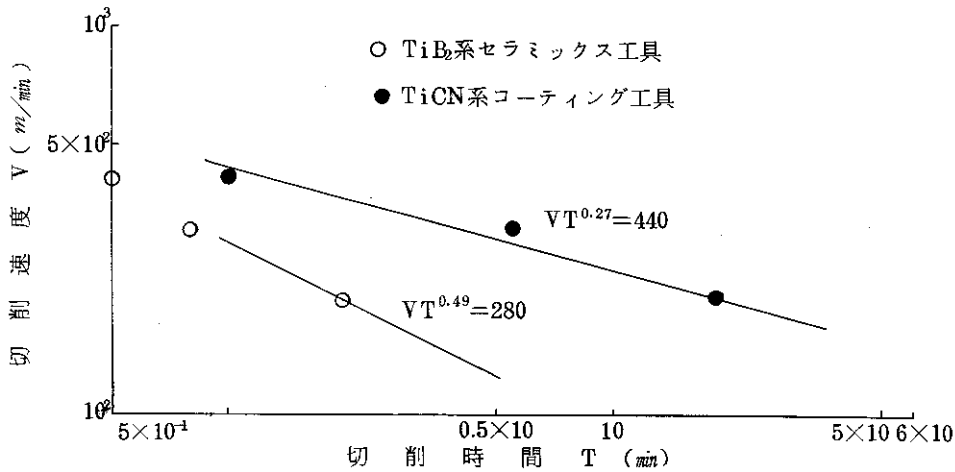


図6 鑄鉄(FC 20)切削におけるTiB₂系セラミックス工具とTiCN系コーティング工具の寿命曲線

$$f = 0.195 \text{ mm/rev.}, t = 0.5 \text{ mm} \quad V_b = 0.2 \text{ mm}$$

3-3 工具の摩耗と損傷

写真3にTiB₂系の工具摩耗状況を示す。

V=400, 300 m/minでは1 min時ですくい面がかなり摩耗し、横逃げ面の境界摩耗も大きく摩耗している。全ての逃げ面、すくい面に溶着があり、特に逃げ面に厚く溶着している。欠損等はこの状態では確認されない。

写真4にTiCN系の工具摩耗状況を示す。

逃げ面の摩耗は、先に述べたようにコーティン

グ層が完全に摩耗したと思われるところから中凸の摩耗面を呈し、コーティング層が完全になくなり母材の超硬合金により切削がなされている様子がよくわかる。溶着は逃げ面すくい面共に生じているが、特にすくい面への溶着が大きい。

境界摩耗は写真にもほとんど現れておらず、安定した切削が行なわれている。

この状態では工具の損傷は見られない。

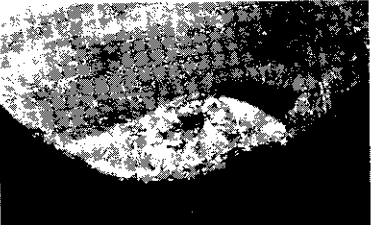

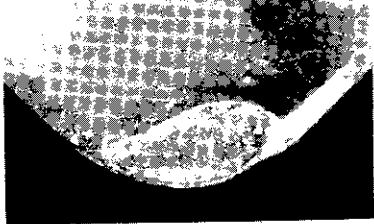
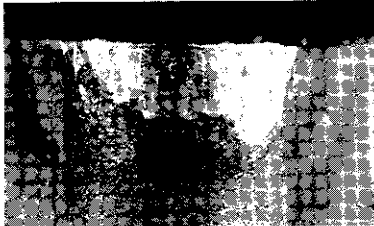
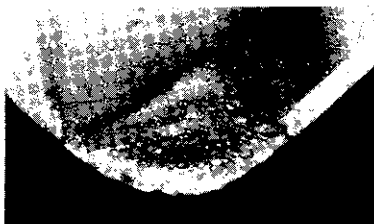
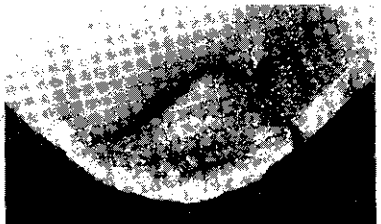
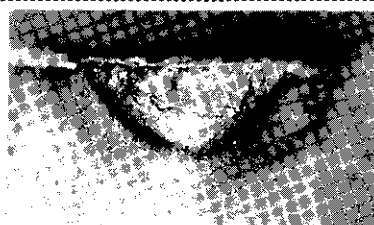
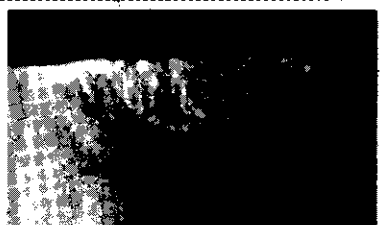
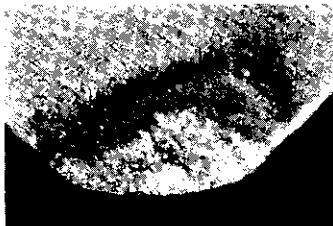
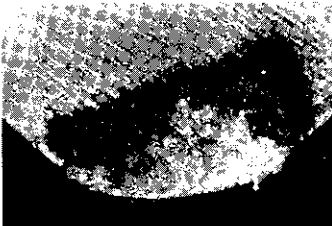
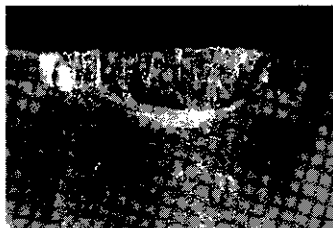
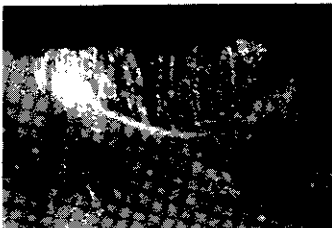
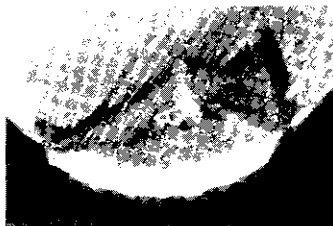
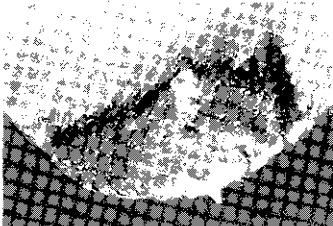
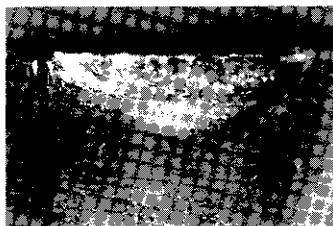
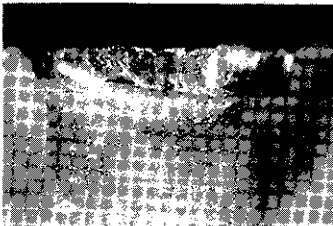
切削時間 切削速度	1 min	2.5
400 m/min		
		
300		
		
200		
		

写真3 TiB₂系セラミックス工具の摩耗状況

切削時間 切削速度	1 min	2.5
400 <i>m/min</i>		
300		
200		

写真4 TiCN系コーティング工具の摩耗状況

5	7.5	10
		
		
		
		

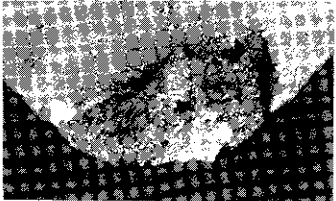
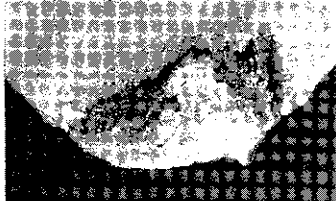
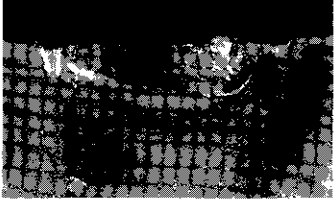
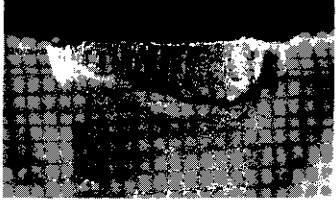
1 5	2 0
	
	

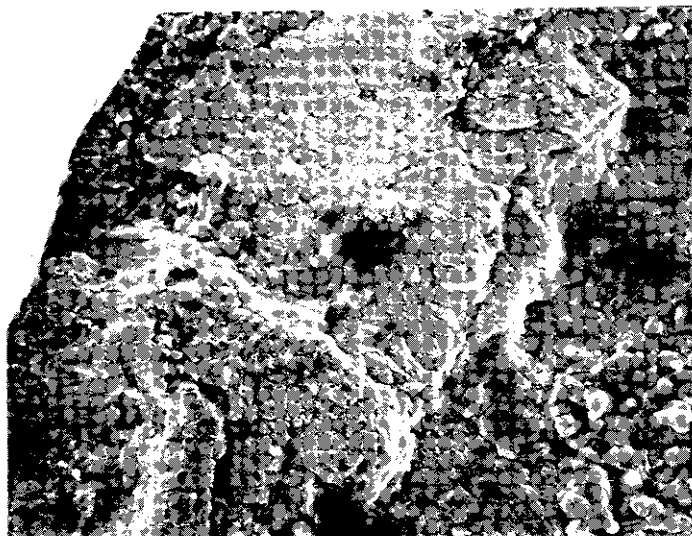
写真5は、 TiB_2 系の $V = 400\text{ m/min}$, 1 min 時に、走査電顕により観察された横逃げ面境界部に生じたクラックである。1回目切削時のクラックはヘヤクラックであるが、2回目切削時のクラックはかなり大きくまさに欠落するところである。

TiB_2 系セラミックス工具の物性は、表1に示したように硬さは超合金、サーメットよりかなり硬いが、抗折力のはるかに小さい。また鑄鉄切削に有

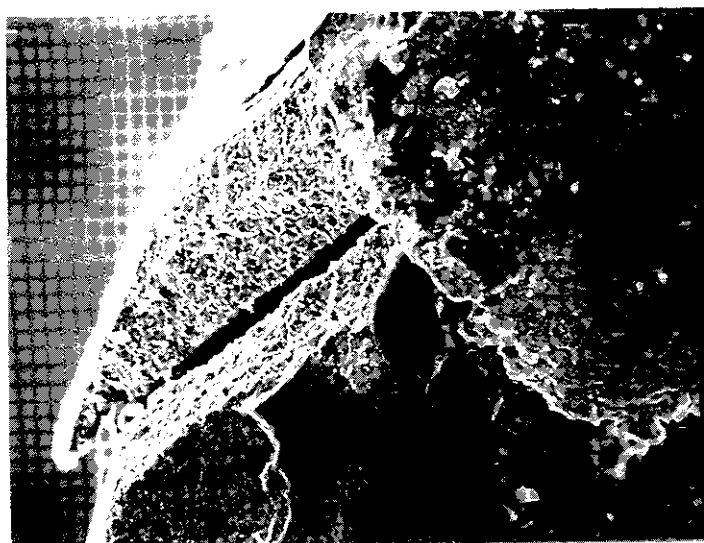
効な Al_2O_3 セラミックスとほぼ同程度の硬さであるが、抗折力はかなり小さくなっている。

TiB_2 系の急激な摩耗は、抗折力が小さいためにクラックが生じやすく、クラックが小さな欠損を次々に起こしていくことに起因すると思われる。

またすくい面に溶着が起っていることもこの写真によく示されている。



1回目 切削時



2回目 切削時

写真5 TiB_2 系セラミックス工具の $V = 400\text{ m/min}$, 1 min 切削時に横逃げ面境界部に見られたクラック(すくい面方向より見る)($\times 560$)

写真6はTiCN系 $V=400\text{m}/\text{min}$ 、 1min 時の逃げ面の走査電顕写真である。

コーティング層中央部に溶着があり、さらに熱き裂と見られる微小クラックが生じている。コーティング層はアブレイシブ摩耗であるが、超硬合金母材部は溶着物の脱落時に粒を持ち去ったと思われる面を呈している。いわゆる通常の摩耗ではない。このことは $V=300\text{m}/\text{min}$ でも観察された。

従ってTiCN系の摩耗は $V=400, 300\text{m}/\text{min}$ では、コーティング層が摩耗した後、超硬合金母材部が溶着物により粒を持ち去られることにより摩耗は進行すると考えられる。

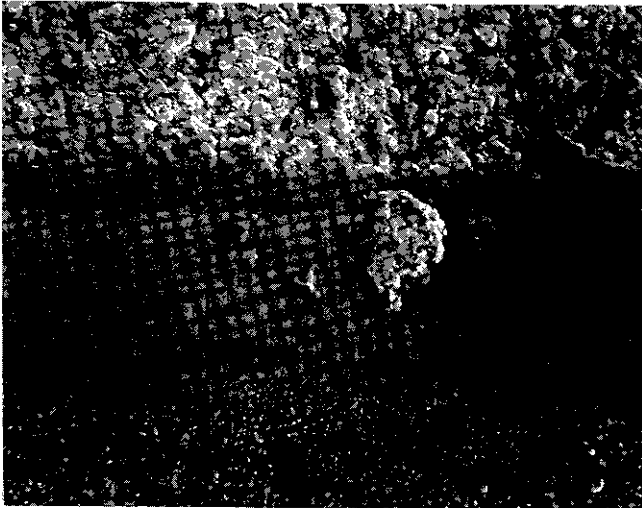


写真6 TiCN系コーティング工具の $V=400\text{m}/\text{min}$ 、 1min における逃げ面状況 ($\times 560$)

4. おわりに

TiB₂系セラミックス工具の鑄鉄切削に対する性能を調べるため、鑄鉄切削に有効なTiCN系コーティング工具を比較用として用い、切削試験を行なった。

実験は高速軽切削域で行ない、工具寿命、摩耗状況について検討し、次のような結果を得た。

(1) TiB₂系セラミックス工具は工具摩耗が激しく、切削速度 $300\sim 400\text{m}/\text{min}$ によると、

極端な横逃げ面境界摩耗が起る。

(2) 切削速度 $400\text{m}/\text{min}$ において横切刃境界部にクラックが発生した。これはTiB₂系セラミックス工具の抗折力不促に起因すると考えられ、激しい境界摩耗の原因と考えられる。

(3) すくい面摩耗も大きく、逃げ面、すくい面への溶着が大きい。

(4) TiCN系コーティング工具はほぼ均一摩耗であるが、コーティング層が摩耗すると母材の超硬合金による切削状態となり、高速切削では工具摩耗は早い。

(5) このときの工具摩耗は、コーティング層のアブレイシブ摩耗と超硬合金粒が溶着金属に取り去られる摩耗とが組み合わさっていると考えられる。

(6) 工具寿命として送り $0.195\text{mm}/\text{rev.}$ 、切り込み 0.5mm のとき寿命基準を $V_b=0.2\text{mm}$ とすると、概略TiB₂系セラミックス工具は $VT^{0.49}=280$ 、TiCN系コーティング工具は $VT^{0.27}=440$ となった。

(7) 以上よりTiB₂系セラミックス工具はTiCN系コーティング工具の性能の数分の一程度の性能しかないと考えられ、鑄鉄切削には不向きな工具である。

本実験で鑄鉄切削に対する性能を検討したTiB₂系セラミックス工具は、工業技術院九州工業試験所で開発された工具であり、工具として他の金属材料に有効な結果も出ている。

本実験は、比較として用いたTiCN系コーティング工具の鑄鉄切削に対する有効性を確認することにもなった。

本実験を進めるに当たり、工業技術院九州工業試験所の道津毅課長の御指導をいただいた。

ここに付記し謝意を表する。