

TiCN 系セラミック工具と超硬合金工具による GFRP の切削

泊 誠
山下 宣良

1. はじめに

機器のプラスチック化による性能／価格の向上効果はきわめて大きく、また金型等による成形が容易なため意匠設計や機能設計の自由度が大幅に向上する。このため機器部品のプラスチック化がますます強化しつつある。

樹脂にガラス繊維等の繊維を複合すれば強度が増すため構造材料の面で用途が拡大している。しかしこれらの複合材料を切削する場合公表されたデータが見当たらないのが実情である。

このため本研究では TiCN 系セラミック工具と超硬合金を用いて GFRP (ガラス繊維強化熱硬化性樹脂) を旋削し、工具寿命について検討した。

2. 実験方法

実験は有段旋盤(三菱重工業(株)HL-300 U 型)により GFRP を端面切削した。

(1) GFRP

ガラス含有率 65～70%，ビニールエステル系樹脂，55～60°クロス巻の GFRP で外径 60mm，内径 30mm，長さ 100mm の円筒状の GFRP である。

写真 1 に GFRP の断面を示す。

(2) 使用工具

TiCN 系セラミック工具と超硬合金 K10 の 2 種である。ノーズ半径はいずれも 0.8mm であるが、TiCN 系セラミック工具には幅 0.07～0.1mm，角度 15～28°のチャンファーがつけてある。

なおホルダーにより旋盤に取付けたときの工

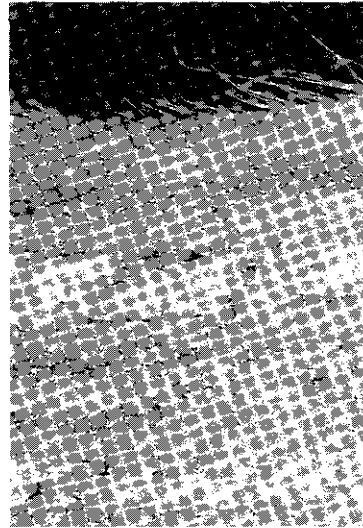


写真 1 GFRP の断面 (×12.5)

具諸元は (−6°, −5°, 6°, 5°, 15°, 15°, 0.8 mm) で工具の突出し長さは 25mm である。

(3) 切削条件

乾式端面切削で、切削速度は GFRP の肉厚の中点位置での速度とした。

切削条件を表 1 に示す。工具摩耗はノーズ部

表 1 切 削 条 件

	TiCN 系セラミック工具	超硬合金工具 K10
切 込 み mm	0.5	0.5
送 り mm/rev	0.15	0.15
切削速度 m/min	86	120
	120	170
	170	

乾 式 切 削

のみに発生するので、ノーズを正面から見たと

きの摩耗を測定しこれを逃げ面摩耗とした。工具寿命は逃げ面摩耗の平均摩耗が0.2mmに達したときとした。

3. 結果と考察

GFRPはガラスの長繊維を樹脂中に含有させたものである。従ってこれを切削する場合硬いガラス部と軟らかい樹脂部を交互に切削する一種の断続切削と考えることができる。またガラス繊維をクロス巻きして作られるこの実験で用いたようなGFRPは、その内部に大きさの不均一な多数の空孔があり、断続切削を助長するとも考えうる。

ガラス繊維は非常に硬くもろいものであるが、切削後の断面には細いガラス繊維が多数分布し、これが一種の砥粒として工具の逃げ面に作用することになる。このことが工具摩耗を促進すると考えられ、しかもガラス含有率が高い程ガラス繊維が砥粒として作用する傾向は高まる。

工具切刃エッジに対しても砥粒として作用すると考えられ、金属切削時の工具エッジが非常にシャープであるのに対し、GFRP切削では工具エッジは丸みをもつようになる。

(1) 工具の摩耗経過

図1にTiCN系セラミック工具の摩耗経過、図2に超硬合金工具K10の摩耗経過を示す。

TiCN系セラミック工具の摩耗は、切削速度 $V = 86 \text{ m/min}$ においては均一摩耗を示すが、 $V = 120, 170 \text{ m/min}$ の場合は中高の山形の摩耗を示した。 $V = 170 \text{ m/min}$ ではわずか1分の切削で大きく摩耗した。この工具は欠損しやすく、しかも短寿命である。

超硬合金工具K10は $V = 120 \text{ m/min}$ のとき均一摩耗を示すが、 $V = 170, 240 \text{ m/min}$ ではTiCN系セラミック工具と同様、中高の山形の摩耗形状となる。工具寿命はTiCN系のセ

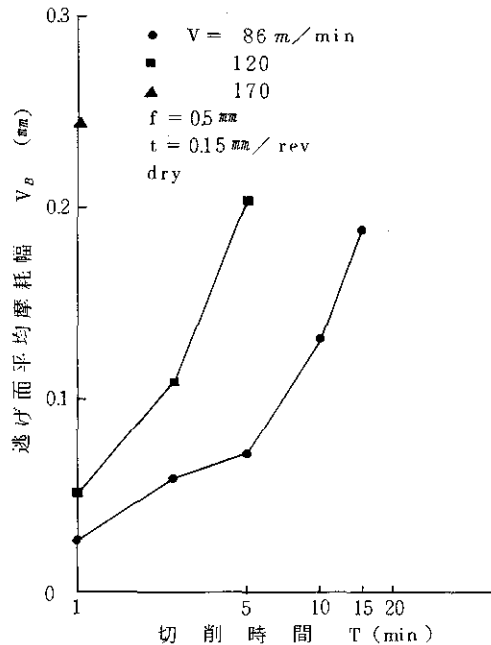


図1 TiCN系セラミック工具の摩耗経過

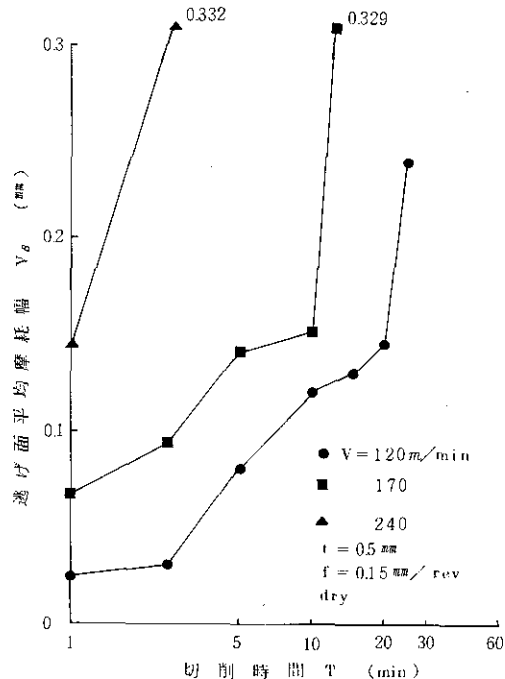


図2 超硬合金工具K10の摩耗経過

(GFRP)

ラミック工具より長い。

TiCN系セラミック工具と超硬合金工具K10

に共通する切削速度 $V = 170 \text{ m/min}$ の場合に両者を比較すると、TiCN系セラミック工具が1分切削時で $V_B = 0.2 \text{ mm}$ に達するのにに対し超硬合金工具K10は12.5分切削時に $V_B = 0.2 \text{ mm}$ となっており、超硬合金工具K10が相当に長寿命である。

図1・2においてTiCN系セラミック工具と超硬合金工具K10の摩耗経過を比較すると、前者は $V_B = 0.2 \text{ mm}$ 付近まで安定した摩耗経過を示すが、後者は $V_B = 1.5 \text{ mm}$ 付近から急激に摩耗するのが特徴である。

逃げ面摩耗での境界摩耗は見られなかった。

このことは使用したGFRPがガラス含有率65～70%であり、切削は切刃部での破碎により進行し、逃げ面摩耗は摩擦による摩耗ではなくガラス繊維による研削作用になっているためであると考えられる。

クレータ摩耗は両工具共にほとんど見られなかった。

切屑は粉状になって飛散し、切削音はサンドペーパーで金属を研削する時発生する音に似ている。

(2) 工具の摩耗状況

写真2・3にTiCN系セラミック工具と超硬

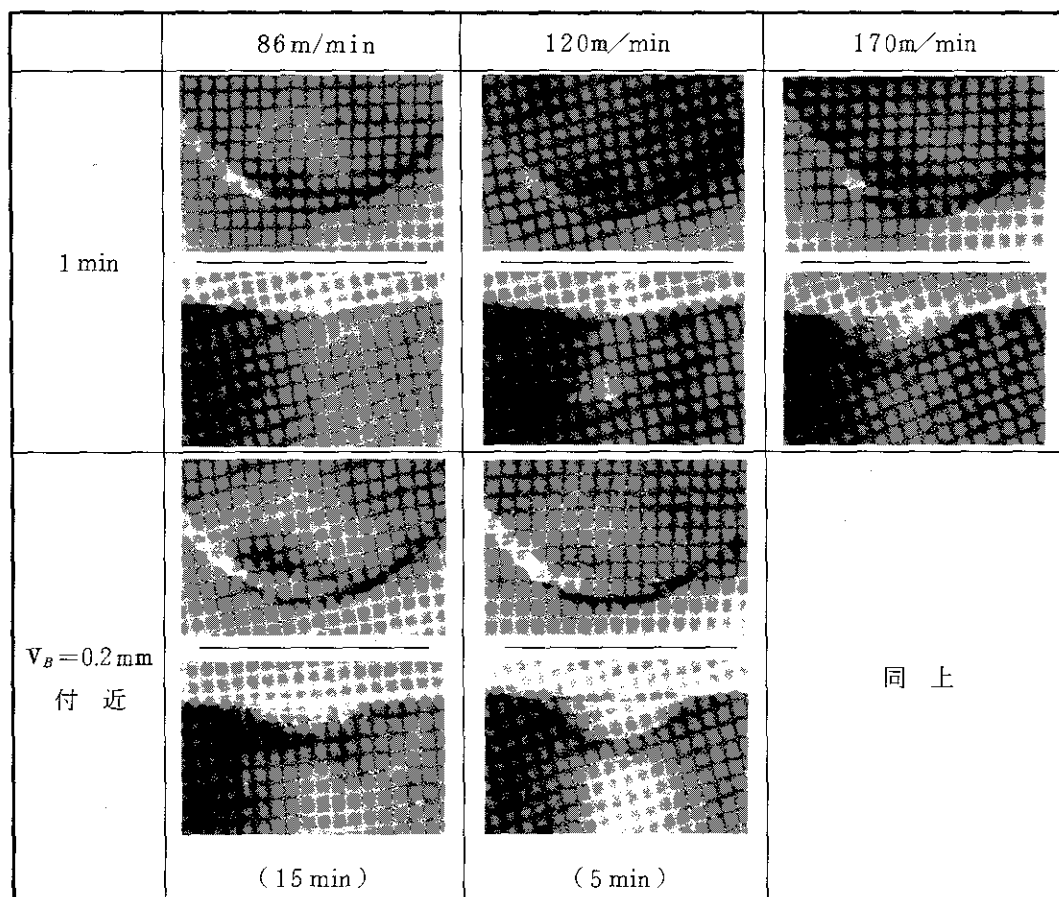


写真2 TiCN系セラミック工具の摩耗状況

(GFRP, $t = 0.5 \text{ mm}$, $f = 0.15 \text{ mm/rev}$, dry)

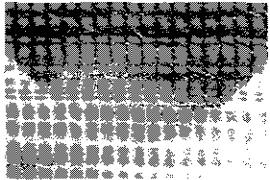
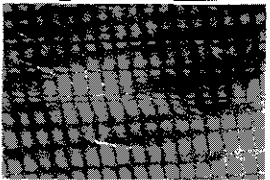
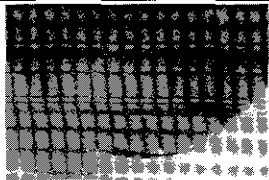
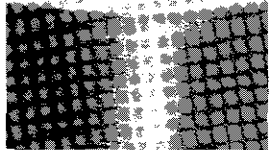
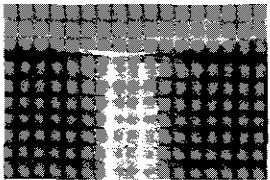
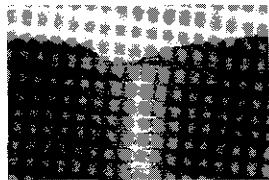
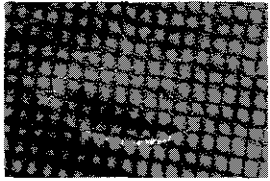
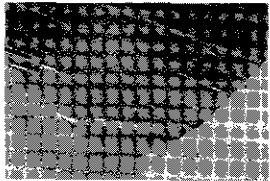
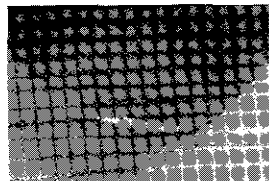
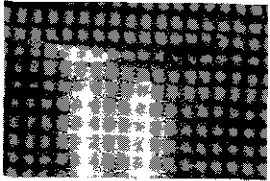
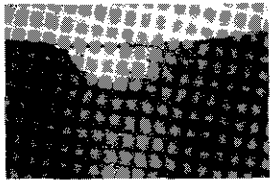
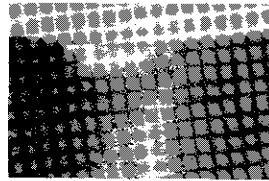
	120m/min	170m/min	240m/min
1 min			
			
$V_B = 0.2\text{mm}$ 付 近			
			
	(20 min)	(12.5 min)	(2.5 min)

写真3 超硬合金工具K10の摩耗状況

(GFRP, $t = 0.5\text{mm}$, $f = 0.15\text{mm/rev}$, dry)

合金工具K10の1分切削時および $V_B = 0.2\text{mm}$ 付近の摩耗状況を示す。すくい面の切刃エッジ部が白く光っているのは切刃エッジが丸みをおび鈍化しているためである。

写真2に示すTiCN系セラミック工具の $V = 86\text{m/min}$ と、写真3に示す超硬合金K10の $V = 120\text{m/min}$ においては小さなチッピングが発生し、この部分がすき取り摩耗となっている。高速になってもチッピングは起こっているが摩耗が激しいため摩耗面には現れてこないと考えられる。

両工具共に逃げ面の摩耗面は金属切削時に見

られる摩擦摩耗面ではなくて、梨地の摩耗面を呈しており、ガラス繊維による一種の研削作用が摩耗を進めているものと考えられる。

写真4にTiCN系セラミック工具の欠損状況を示す。逃げ面およびすくい面が大きく欠損しており、チッピングの付近から欠損していることがわかる。

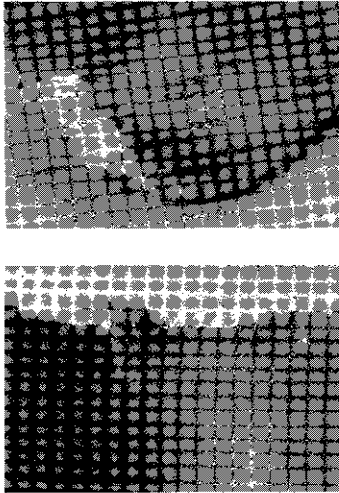


写真4 工具損傷状況
(TiCN系セラミック工具
 $V = 86 \text{ m/min}$, 5 min)

(3) 工具寿命

図3に工具の寿命曲線を示す。

図においてTiCN系セラミックの場合、 $V = 170 \text{ m/min}$ は工具摩耗が急激に進行し、高速切削には不適当と考えられるので除外した。

工具寿命はTiCN系セラミックの場合に $V T^{0.282} = 190$ 、超硬合金K10の場合に $V T^{0.256} = 285$ となる。

両工具を比較するとTiCN系セラミック工具は寿命が非常に短かく、GFRPの切削に不向きである。

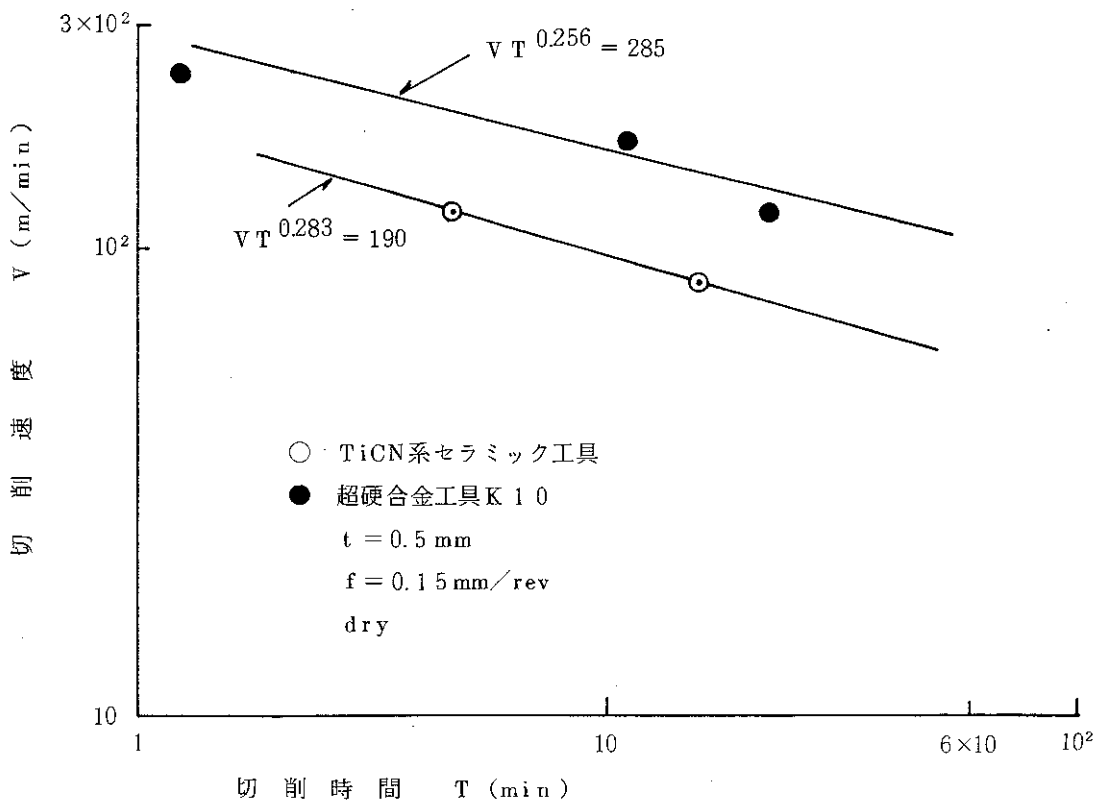


図3 GFRPの旋削における工具寿命曲線

4 おわりに

GFRPの切削条件を検討することを目的とし、新しく開発されたTiCN系セラミック工具と超硬合金工具K10を用いて工具寿命の比較実験を行い、次の結果を得た。

- (1) 工具摩耗はGFRP中のガラス繊維が一種の砥粒として逃げ面に作用し、このため工具寿命を短くしていると考えられる。
- (2) 工具寿命はTiCN系セラミック工具の場合、 $VT^{0.282} = 190$ 、超硬合金工具K

10の場合 $VT^{0.256} = 285$ が得られた。

- (3) GFRPの切削ではTiCN系セラミック工具は摩耗しやすく欠損等を起こし、寿命が短いので不適當である。

なお本研究で用いたTiCN系セラミック工具は、工業技術院九州工業試験所で開発されたものであって、実験を進めるにあたり同試験所の道津毅課長の指導をいただいた。

ここに付記し謝意を表する。