

サーメット工具による S C M 4 4 0 の正面フライス切削

泊 誠
前 野 一 朗

1. は じ め に

正面フライス切削は、工具にくり返し衝撃をと
もなう非常に苛酷な切削である。

工具材料は、このような苛酷な切削に耐えうる
靱性と、耐摩耗性が要求される。

サーメット工具は、鋼との親和性が超硬合金よ
り小さいことを特徴としており、超硬合金使用分
類のいくつかの範囲を一種でカバーしうる工具も
ある。

本報告では、超硬合金使用分類 P 1 0, P 2 0
に相当し、小送り、中高速切削領域で有効とされ
る T i C N - W C - T a C 系サーメットを用いて、
構造用合金鋼 S C M 4 4 0 を正面フライス切削し
たことを報告する。

2. 予備実験とその結果

本試験の前に使用工作機械の構造、剛性等に起
因すると考えられる工具の初期チッピング、欠損
等の起らない範囲を調べるため、本実験と同一材
料、同一工具（工具径 1 0 0 mm）を用いて切削試
験を行なった。

方法は、使用工作機械の切削速度、送りを組合
せ、衝撃回数 1, 0 0 0 回時における切刃のチッ
ピング、欠損等を調べた。切削は 1 枚刃切削、切込
み 1. 5 mm, 切削幅 7 0 mm, センターカットであ
る。

予備実験の結果を図 1 に示す。図 1 の横軸には
見かけの切削時間も示しているが、切削はセンタ
ーカットで行なったので、実切削時間（正味切削
時間）は、見かけの切削時間の 2 5 % である。

図に示すように 1, 0 0 0 回衝撃時においてはす
くい面に熱き裂は発生するが、刃先のチッピング

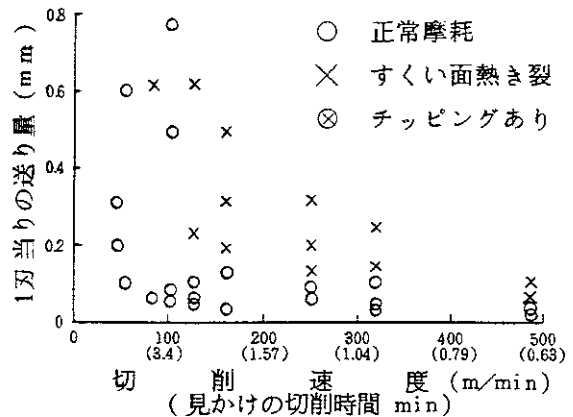


図 1. 初期チッピング発生領域
切込み 1. 5 mm, 衝撃回数 1000 回

は起らない。

またこの予備実験の切削条件は、使用フライス
盤の主軸回転数と送りのほぼ全ての組合せを選択
しているの、以後の切削試験では、初期チッ
ピング、欠損の起らない安定な切削試験を行ないう
ることがわかる。

3. 実 験 方 法

予備実験により使用フライス盤のほぼ全ての範
囲で初期チッピング、欠損が生じないことが判明
したので、以下の方法により切削試験を行なった。

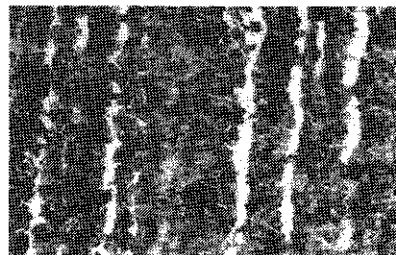


図 2. 被削材の組織 (× 5 0)

3. 1 被削材

被削材は S C M 4 4 0 相当材料で、化学成分、

表 1. 被削材の化学成分 (SCM440)

(%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
JIS	0.38~0.43	0.15~0.35	0.60~0.85	0.030以下	0.030以下	0.90~1.20	0.15~0.30
分析値	0.43	0.22	0.73	0.026	0.015	0.90	0.17

表 2. 被削材の機械的性質

	引張強さ kgf/mm ²	降伏点 kgf/mm ²	伸 び %	かたさ HB
被削材	71.2	—	22.8	195

機械的性質、組織は表 1, 2, 図 2 のとおりである。

共試材は、外径 110mm の材料を 70mm × 70mm × 500mm に切削仕上げたものを使用した。

3.2 工具と使用機械

工具材種は、TiCN-WC-TaC 系サーメットで、鋼類鋳鉄類の仕上切削、普通切削に有効とされる東芝タンガロイ (株) の N308 である。

メーカーカタログによる機械的性質は、かたさ HRA 91.0~92.0、抗折力 160~180kg/mm² 比重 7.0 である。

ホルダーは外径 100mm で、その工具諸元は表 3 のとおりである。

使用工作機械は、豊田工機 (株) ZIC

表 3. 工 具 諸 元

	角度 (°)	備 考
ラジアルレーキ角	1	} ランド幅 0.1 mm 30°
アキシヤルレーキ角	5	
切 込 み 角	65	
チャンファー切込み角	40	ランド幅 0.1 mm 30°
第一副切込み角	0	切刃幅 2 mm ランド幅 0.035 mm 32°

(1963年) である。

3.3 切削条件と工具寿命判定基準

切削条件は、表 4 に示すとおりである。切削は 1 枚刃切削を基準とするが、切削速度 128 m/min の場合は 2 枚刃切削である。

工具寿命は、主切削刃の逃げ面摩耗幅 (VBM) が 0.1 mm に達するときとした。

表 4 切 削 条 件

項 目	条 件
切削方式	乾 式, センターカット
切 込 み	2 mm
送 り	0.2 mm/刃
切削速度	104, 128, 162, 250 m/min

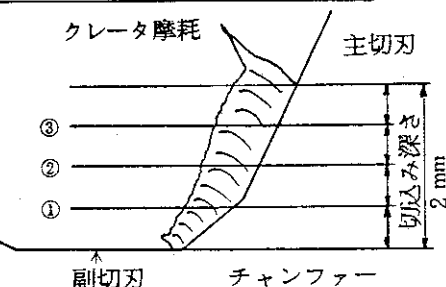


図 3. クレータ摩耗測定位置

クレータ摩耗は図 3 に示すように、切込み深さを 4 等分し、中央の 3 か所を測定した最大値とした。

仕上面あらさは、規定切削時間における 3 か所の平均値とした。

4. 実験結果と考察

本実験では、工具直径100mmに対し切削幅は70mmである。従って2で述べたように実切削時間（正味切削時間）は、見かけの切削時間の25%である。以後切削時間というときは見かけの切削時間をいうものとする。

またエンゲージアングルおよびディセンゲージアングルは共に45.6度である。

4.1 逃げ面摩耗と工具寿命

図4～7に切削速度ごとの逃げ面摩耗経過を示す。以後図中 V_{BM} , V_{BC} , V_{BS} は主切刃, チャンファー, 副切刃の逃げ面摩耗幅である。

工具摩耗は以下に述べる以外は安定した正常摩耗を示した。

すなわち, ①主切刃逃げ面においてはすくい面に生ずる熱き裂が逃げ面に達すると逃げ面にすきとり摩耗が生ずること, ②主切刃とチャンファーとのコーナーおよびチャンファーと副切刃とのコーナーに一部小さなチップングが生ずることがあること, ③切削速度 $V=250\text{ m/min}$ の寿命時($V_{BM}=0.1\text{ mm}$)に主切刃に一部欠損を生じたこと, である。

クレータ内に熱き裂が生じ, これが生長するが, その方向は主切刃に直角方向であって副切刃はその影響を受けない。

また副切刃には, 送りにほぼ等しい間隔ですきとり摩耗が生ずるが, これはすくい面に生ずる熱き裂によるものではなく, 副切刃の逃げ面独自のものである。

図4～7をみると各切削速度における逃げ面の摩耗経過には, 以下のような特徴がある。

切削速度 $V=104, 128\text{ m/min}$ （以後切削速度は V で表わす）では, 副切刃の摩耗が最も大きく, 主切刃の寿命より早くなっている。しかし欠損, チップング等は生じない。

また副切刃の摩耗と, 主切刃およびチャンファ

ーの摩耗の差は切削速度の低い $V=104\text{ m/min}$ の方が大きくなっている。

$V=162, 250\text{ m/min}$ においては, 3つの切刃共にほぼ同様な摩耗経過を示し, 切削が進むとチャンファー部の摩耗がいくぶん大きくなる。

図7で（欠損）とあるのは, 欠損部を含めた平均摩耗である。

図8～10は切刃ごとの摩耗経過を示している。

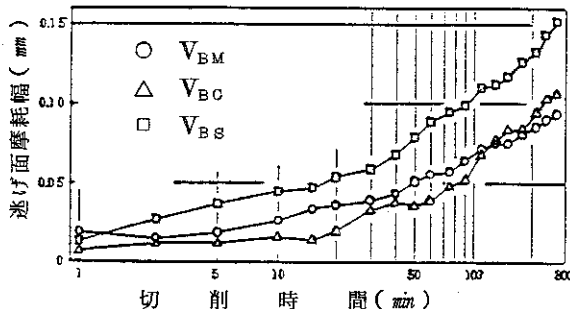


図4. $V=104\text{ m/min}$ の逃げ面摩耗経過

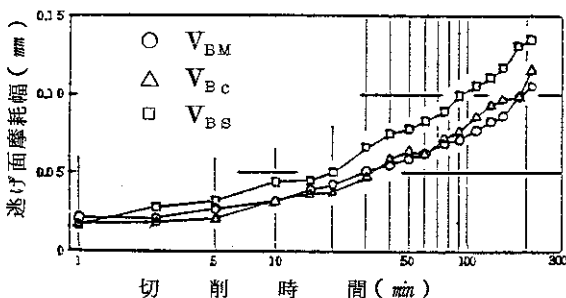


図5. $V=128\text{ m/min}$ の逃げ面摩耗経過

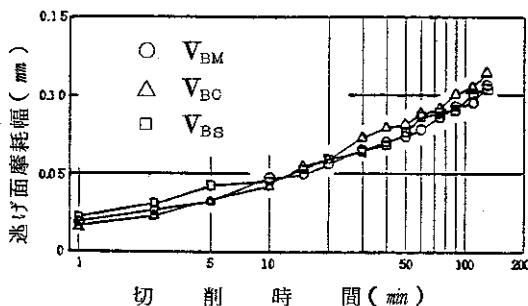


図6. $V=162\text{ m/min}$ の逃げ面摩耗経過

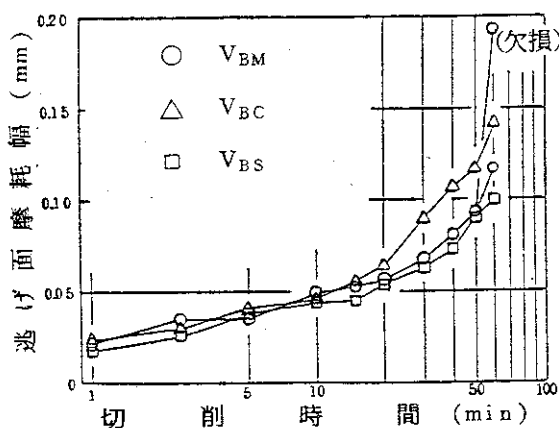


図7. $V=250\text{ m/min}$ の逃げ面摩耗経過

図8, 10に示すように主切刃とチャンファーは通常の摩耗経過を示している。すなわち切削速度が高いほど摩耗は大きくなっている。図9は副切刃の摩耗である。 $V=250\text{ m/min}$ の50分後に他の切削速度の場合より副切刃の摩耗が大きくなる傾向にある。すなわち $V=162\text{ m/min}$ 以下の切削速度においては、副切刃の摩耗は切削速度には無関係に、切削時間のみに支配される。

図11に主切刃の境界摩耗を示した。主切刃の境界摩耗は、 $V=250\text{ m/min}$ の場合かなり大きく発達するが、 $V=162\text{ m/min}$ 以下の場合には $V=162\text{ m/min}$ の摩耗がいく分大きいがほぼ同じと見てよい。

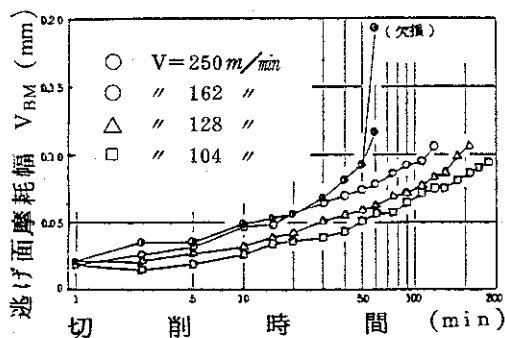


図8. 主切刃における逃げ面摩耗経過

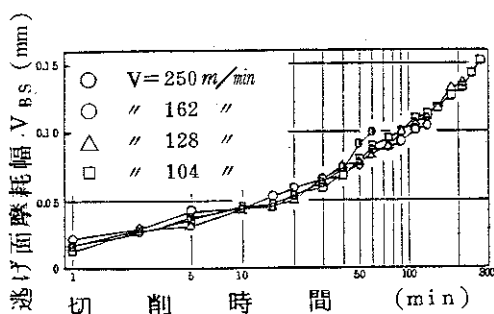


図9. 副切刃における逃げ面摩耗経過

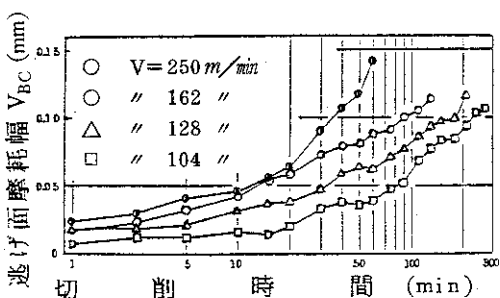


図10. チャンファーにおける逃げ面摩耗経過

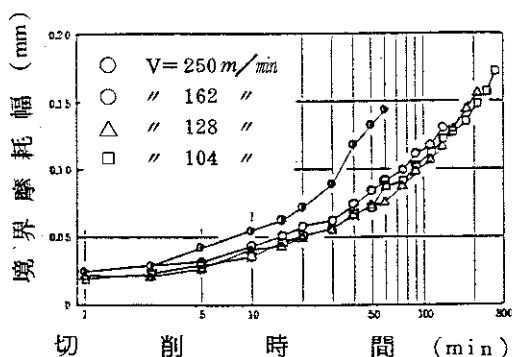


図11. 主切刃の境界摩耗経過

以上逃げ面摩耗は、主切刃、チャンファーにおいては切削速度に依存する摩耗形態を示す。副切刃は $V=162\text{ m/min}$ 以下においては切削速度への依存性は見られず、 $V=250\text{ m/min}$ と $V=162\text{ m/min}$ 以下の切削速度との間に速度依存性を認めうる。

図12は工具寿命曲線である。この図には $V_B=0.1\text{ mm}$ のときの各切刃の寿命について空転時

を含む寿命と、実切削時間寿命が示してある。

寿命は、主切削刃については空転時を含む場合、 $VT^{0.515} = 1797$ 、実切削時間の場合 $VT^{0.515} = 880$ である。

クレータ摩耗の経過は、 $V = 162 \text{ m/min}$ 以下と $V = 250 \text{ m/min}$ とは異なる。

$V = 250 \text{ m/min}$ においては、切削開始後 2.5 分ですくい面に熱き裂が発生し、以後この熱

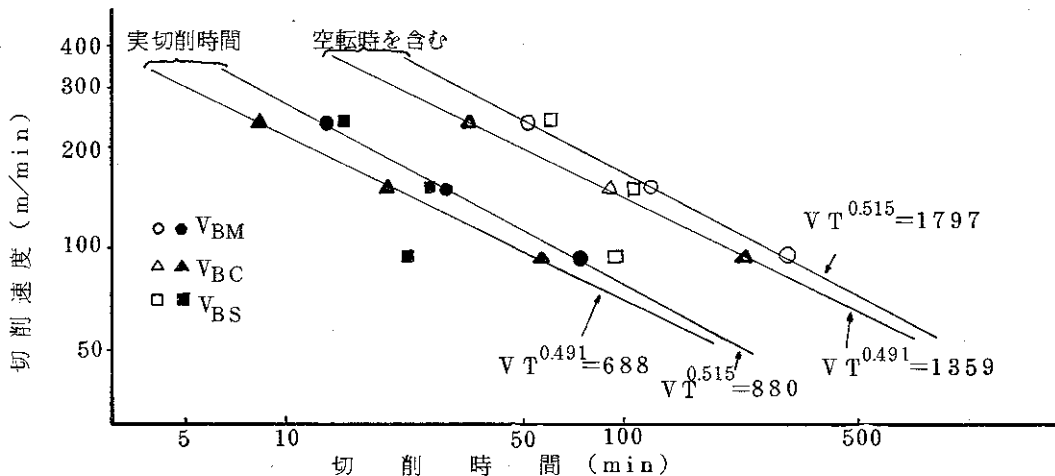


図12. 寿命曲線

4.2 クレータ摩耗

図13はクレータ摩耗の経過である。クレータ摩耗は切削速度に依存しているが、 $V = 162 \text{ m/min}$ 以下に比べ $V = 250 \text{ m/min}$ の場合はかなり大きくなっている。しかし超硬合金に比べるとクレータ摩耗は小さいものである。

き裂をもとにしたすくい面における激しいすきとり摩耗と通常摩耗がクレータ摩耗を発達させていく。

$V = 162 \text{ m/min}$ 以下においては、 $V = 250 \text{ m/min}$ の場合よりかなり遅れてすくい面に熱き裂が発生するものの、クレータ摩耗は通常摩耗の発達が主である。

図14, 15は、 $V = 250, 162 \text{ m/min}$ におけるすくい面の断面曲線である。この図で示す断面曲線は、図3の③の位置であり、同図の①, ②はこれより小さい。

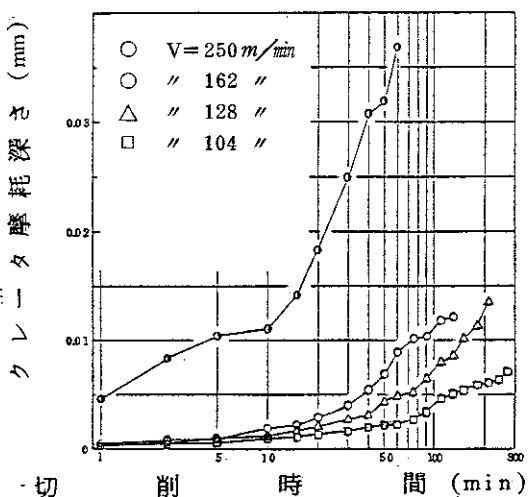


図13. クレータ摩耗経過

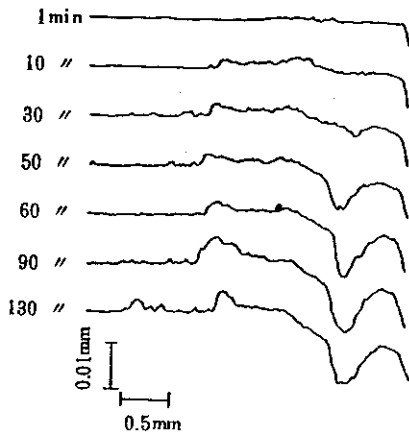


図 14. $V=162\text{ m/min}$ のクレータ断面曲線

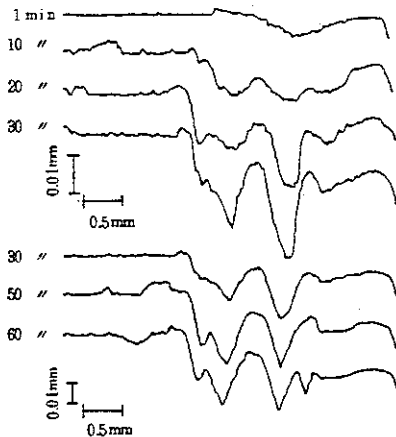


図 15. $V=250\text{ m/min}$ のクレータ断面曲線

図 16 は、主切刃の逃げ面摩耗 V_{BM} が 0.1 mm に達する付近のすくい面の状況である。 $V=250\text{ m/min}$ の場合、すくい面で熱き裂から発達する激しいすきとり摩耗を生じている。

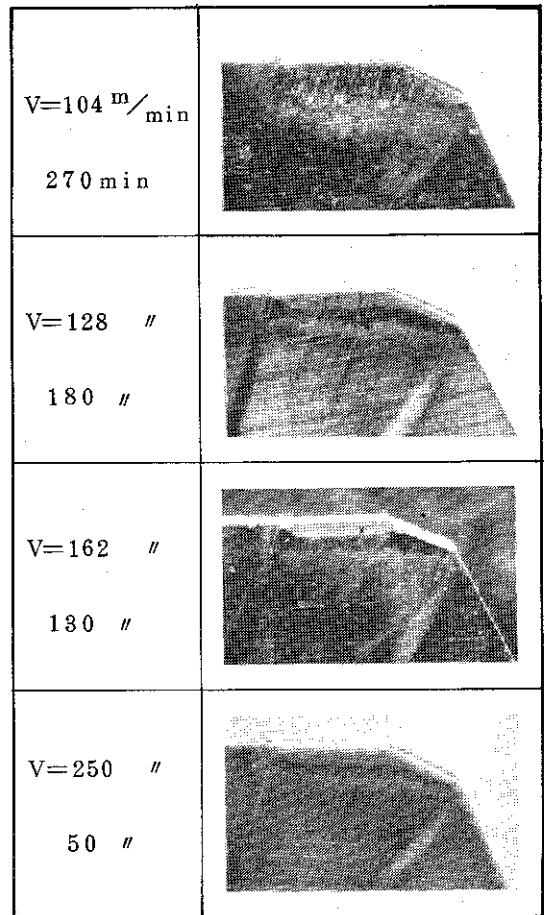


図 16. $V_{BM} = 0.1\text{ mm}$ 付近のすくい面

4.3 工具の摩耗状況と損傷

図 17 は各切削時間ごとの逃げ面およびすくい面の摩耗状況である。

逃げ面の摩耗はほぼ均一な摩耗を示すが、主切刃および副切刃の摩耗は次のような特徴がある。

主切刃の場合、はじめ均一摩耗を示すが、すくい面に生ずる熱き裂が切刃エッジに達するとそこから逃げ面のすきとり摩耗を発達させる。しかしこのすきとり摩耗は小さく摩耗は全体的には均一摩耗である。図では、このすきとり摩耗は $V = 250\text{ m/min}$ の場合に明瞭である。

副切刃の摩耗は、送り量に等しいすきとり摩耗

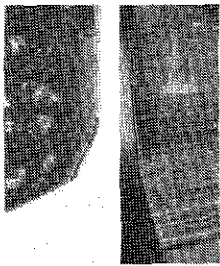
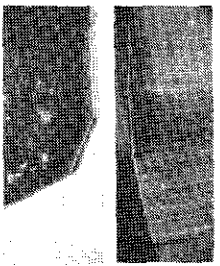
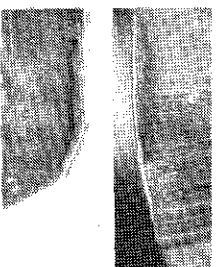
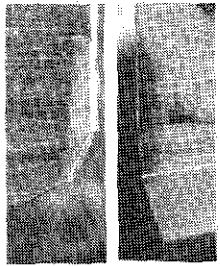
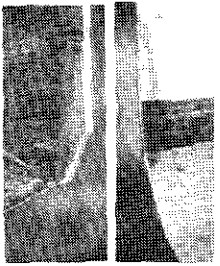
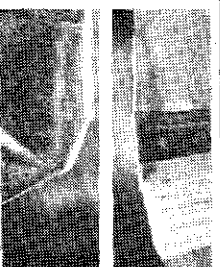
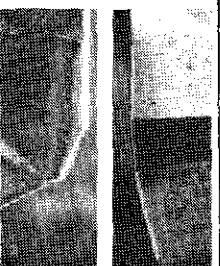
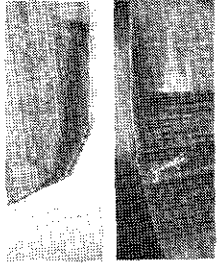
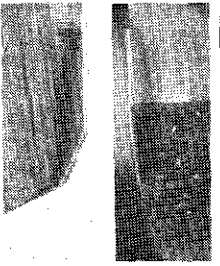
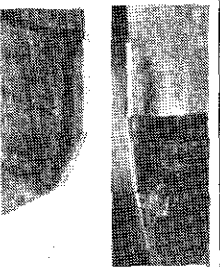
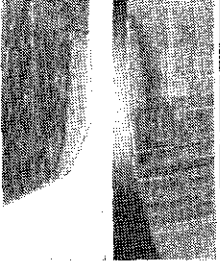
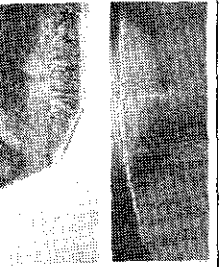
切削時間 切削速度	1 min	5	30	60
$V=104$ m/min				
$V=128$				
$V=162$				
$V=250$				

图17. 工具磨损状况

が生ずることに特徴がある。このことは旋削における前逃げ面の送りマークと同等である。また、4.1で説明したように $V=128, 104\text{ m/min}$ の場合は、これ以上の切削速度の場合より摩耗幅は大きい。

すくい面については、4.2で述べたように $V=250\text{ m/min}$ の場合、激しいすくい面摩耗が生じたことがわかる。

熱き裂の発生はすくい面のみであり、最初の熱き裂の発生は、 $V=250, 162, 128, 104\text{ m/min}$ の各速度に対し、切削時間2.5, 1.0, 3.0, 7.5分切削時であり、実切削時間で約0.6, 2.5, 7.5, 1.9分である。

またこの熱き裂が主切削刃の逃げ面に達する時間は切削時間5, 4.0, 2.10分時であり、 $V=104\text{ m/min}$ では逃げ面に達しない。

図18は工具損傷である。切削中小さなチップング以外工具損傷はこの2例だけである。 $V=250\text{ m/min}$ における欠損は、すくい面に生ずる多数の熱き裂とこの近傍における激しいすきとり摩耗によりクレータ摩耗が大きく進行するため、主切削刃が切削抵抗を支持できなくなったためと考えることができる。

4.4 仕上面あらさ

図19は仕上面あらさである。この図は主切削刃の逃げ面摩耗が0.1 mmに達するまでの仕上面あらさの変化を示している。

サーメット工具は超硬工具に比べ鋼との親和性が小さく、従って良い仕上面を得るにはサーメット工具を用いるとよいとされている。また仕上面は切削速度が高いほど良くなる。図19ではこの傾向は明白に表われておらず、 $V=250\text{ m/min}$ の場合のみ安定した仕上面が度られている。

一般工場における汎用フライス盤での仕上面あらさは $\Delta\Delta(2.5\text{ S})\sim\Delta\Delta\Delta(6.3\text{ S})$ である。工具寿命を仕上面あらさから見るとき工具寿命を6.3 Sとするなら、試験切削速度内で概略50分である。これを実切削長さに換算すると $V=250\text{ m/min}$ で6.2 m、 $V=108\text{ m/min}$ で2.7 mとなり、切削速度は高いほど有利となる。工具寿命を2.5 Sとするとこの実験範囲を越えてまだ使用可能となるが、 $V=250\text{ m/min}$ の高切削速

度においては、図15に示したような工具欠損を生ずるので寿命は50分程度であろう。

正面フライス加工ではこれまで述べたように、仕上面あらさは副切削刃の摩耗に大きく依存する。図17～20は切削速度ごとに副切削刃摩耗と仕上面あらさの関係を示している。 $V=162\text{ m/min}$ 以下の切削速度では副切削刃の初期摩耗後において、表面あらさは副切削刃の摩耗幅にほぼ比例する。しかし $V=250\text{ m/min}$ の場合はこのような関係は全く認められない。この理由は定かでない。

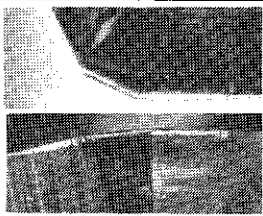
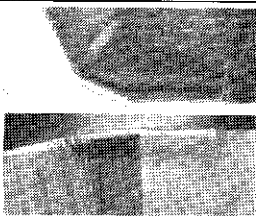
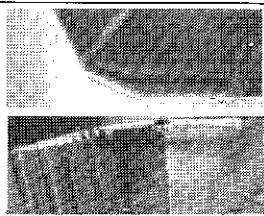
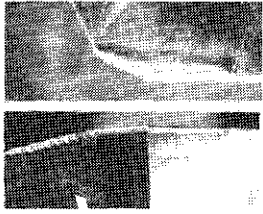
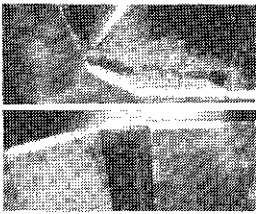
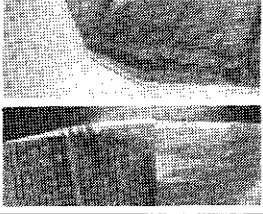
切削時間 切削速度	130 min	210	270
V=104 m/min			
V=128			
V=162			

図17 工具摩毛状況その他

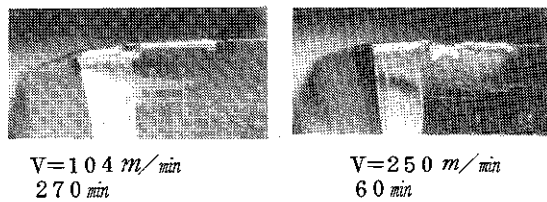


図18. 工具損傷

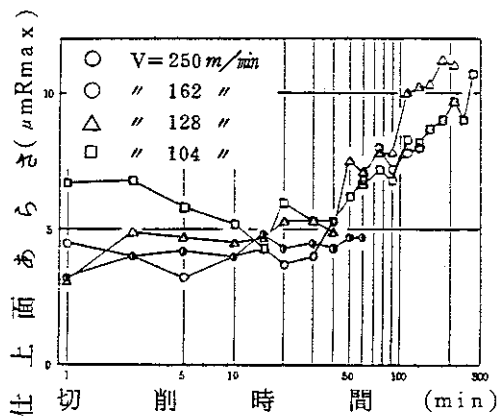


図19. 仕上面あらさ

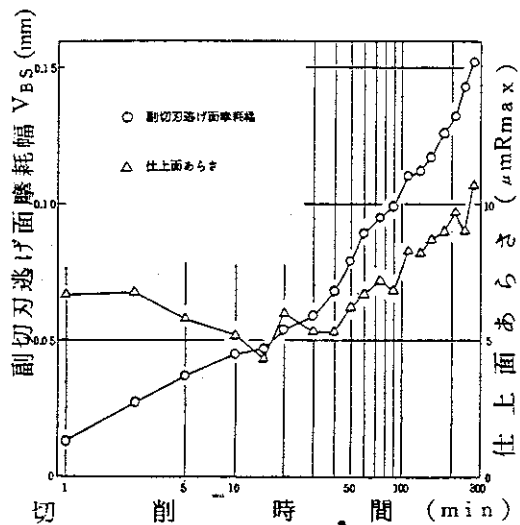


図20. $V=104 \text{ m/min}$ の副切刃逃げ面摩耗幅と仕上面あらさ

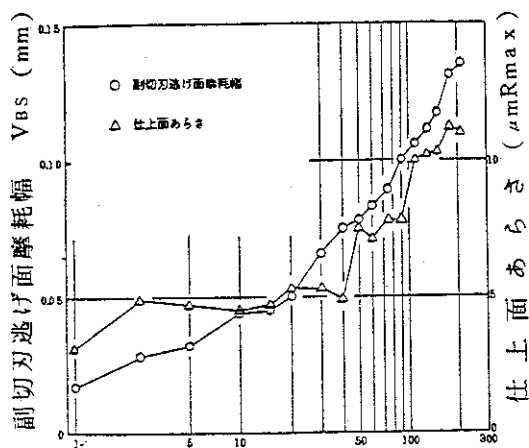


図 21. $V=128\text{ m/min}$ の副切刃逃げ面摩耗幅と仕上面あらさ

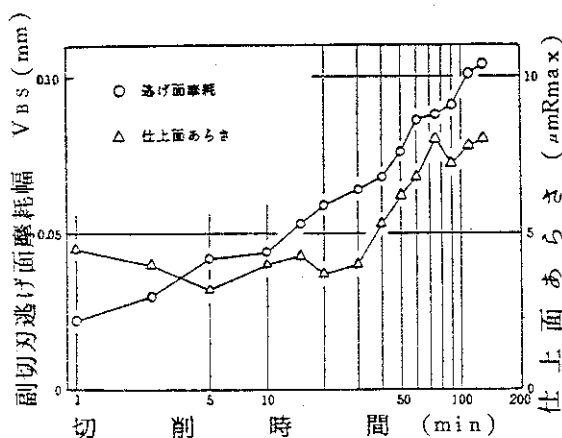


図 22. $V=162\text{ m/min}$ の副切刃逃げ面摩耗幅と仕上面あらさ

5. ま と め

TiCN-WC-TaC系サーメット工具（東芝タンガロイ）を用いてSCM440を正面フライス切削を行ない、次のような結果を得た。

- (1) 主切刃について $VB=0.1\text{ mm}$ とするとす

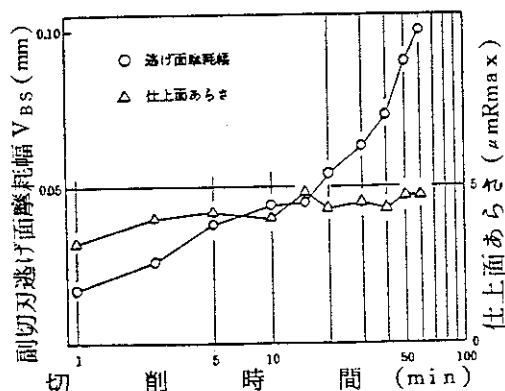


図 23. $V=250\text{ m/min}$ の副切刃逃げ面摩耗幅と仕上面あらさ

るとき、実切削（正味切削）における工具寿命は、 $VT\ 0.5\ 1\ 5=880$ となる。

- (2) 実験範囲では副切刃については、工具摩耗を基準とする明確な工具寿命は得られない。
- (3) クレータ摩耗は小さいが、 $V=250\text{ m/min}$ においてはクレータはかなり生長は早く、切削の早い時期に熱き裂を生ずる。この熱きれつがクレータ深さを大きくしていく。
- (4) 工具損傷は起りにくい、高速切削で熱き裂により生長するクレータ深さが大きくなると主切刃に欠損を生ずる。
- (5) 仕上面あらさは、工具の副切刃の初期摩耗時で大略 $6\ \mu\text{mRmax}$ 程度である。 $V=162\text{ m/min}$ 以下では、副切刃の初期摩耗後仕上面あらさは副切刃の摩耗幅に比例する。 $V=250\text{ m/min}$ の場合はこのような傾向はない。

参 考 文 献

加工技術データファイル（財）機械振興協会
技術研究所