

超硬正面フライス工具の欠損におよぼすエンゲージ角 デイスエンゲージ角の影響*

—円筒材切削(第3報)—

大草喜太雄**・北川 亮三**・前田 俊明***

Effect of the Angle of Engagement and the Angle of Disengagement
on the Chipping Failure of the Fly Cutter

—Face Milling of Cylindrical Workpiece (3rd Report)—

Kitao ŌKUSA, Ryōzō KITAGAWA and Toshiaki MAEDA

Abstract

This report aims to apply the variation method of the angle of engagement and the angle of disengagement at the facing milling to the toughness test of the tool materials.

The main results are as follows.

- (1) The face milling of cylindrical workpiece covers the angle range of engagement and the angle range of disengagement from -90 to $+90$ degree.

The chipping of tool edge is influenced by the initial contact of tool at increasing engagement angle. Therefore, it is possible to test the dynamic toughness of the cutting tool materials.

- (2) As the material to be cut is very small, the wear of tool tip can be restricted to a minimum.

The test results show that tool material of high hardness is apt to cause chipping at the lower shock.

1. 緒 言

従来の研究から高いエンゲージ角や高いデイスエンゲージ角は超硬正面フライス工具の寿命に大きな影響を与えると考えられる。前報までに円筒形被削材の端面を切削することによりエンゲージ角やデイスエンゲージ角が連続的に -90° から $+90^\circ$ まで変えられるので、この方法を用いてエンゲージ角やデイスエンゲージ角と切削力や切削温度との関係を求めて報告¹⁾²⁾した。

切削3分力のうち、半径方向の切削力が著しい特長を示し、この切削分力の変化は超硬工具に発生した欠損ともよく対応していることが認められた²⁾。切削力はエンゲージ角やデイスエンゲージ角の変化に伴って急激に変化させることができるので、超硬工具がどの

程度の切削力まで欠損を生ずることなく耐えうるか検討することもできる。

円筒材切削による連続エンゲージ角変化法は極めて少ない切削量で実験でき、繰返し実験を行なって再現性を高めることもできる。切削量が少ないので、切削に伴う超硬工具の摩耗は少なくなり、欠損の影響のみ分離して調べることも可能である。本報は連続エンゲージ角変化法の応用として、超硬工具の耐欠損性を調べた結果を報告する。

2. 実験装置と方法

実験装置および工具形状は第1報¹⁾、第2報²⁾と同一である。切削条件は切削速度 $V=104\text{m/min}$ 、切込み $d=1.5\text{mm}$ 、送り $f=0.169\text{mm/tooth}$ 、乾式を標準とし、高速度鋼や超微粒子の超硬工具の切削条件は切削速度 $V=60.5\text{m/min}$ 、切込み $d=1.5\text{mm}$ 、送り

* 昭和45年11月5日精機学会北九州地区講演会にて発表

** 生産機械工学教室

*** 松江工業高専・機械工学科

$f=0.21\text{mm/tooth}$, 乾式である。実験に用いた被削材は炭素鋼 S35C で、その硬さはピッカース硬さ $H_V=205$ である。被削材はフライス径の1/4の円筒形(直径63.5mm)に切削し、実験に用いる部分はその端面である。

本実験に供した工具は超硬合金 P 系列 4 種, M 系列 3 種, K 系列 2 種, 超微粒子合金系列 1 種と高速度鋼 3 種の合計 13 種類である。超硬工具の靱性は抗折力で表現すべきであるが, JIS 規定の試験片を入手することが困難であり, 表面仕上げの方法によってもその値が大きく左右されるため, 便宜的な方法として工具のピッカース硬さとその圧痕の割れ長さとの関係³⁾⁴⁾⁵⁾を調べた。その結果が Fig. 1 である。

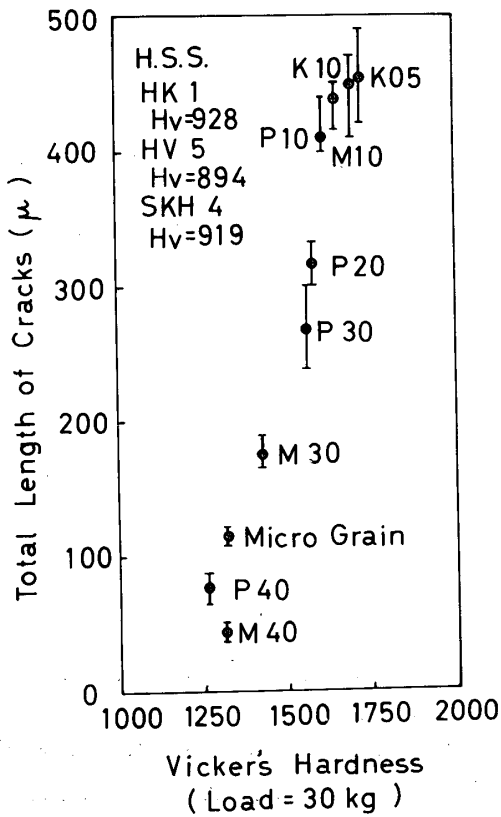
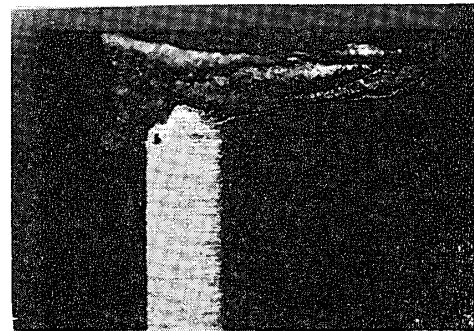


Fig. 1 Characteristics of tool tips used

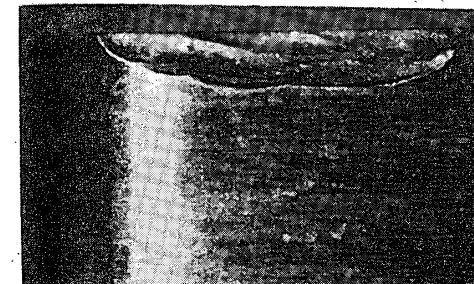
超硬工具の耐久損性を調べる実験は再現性を第1に考慮しなければならない。そのため各工具は最低5回の切削実験を行ない実験の精度を高めるようにした。エンゲージ角やデイスエンゲージ角と工具の欠損発生位置との関係は切削力(接線方向の分力 F_1 , 半径方向の分力 F_2)の増加状況と欠損発生にともない切削面上に生ずる縞模様の両者から判定した。

3. 実験結果と考察

エンゲージ角やデイスエンゲージ角の変化は工具すくい面が完全に接触する時間や離脱する時間, それに切削開始時の工具接触面積などに影響を与える。前報²⁾に述べたごとく切削力の変動はエンゲージ角やデイスエンゲージ角が $+20^\circ$ 近傍で最大値を示している。このようにエンゲージ角やデイスエンゲージ角の変化は工具にかかる力を急激に変えることができるか



P 10



P 20

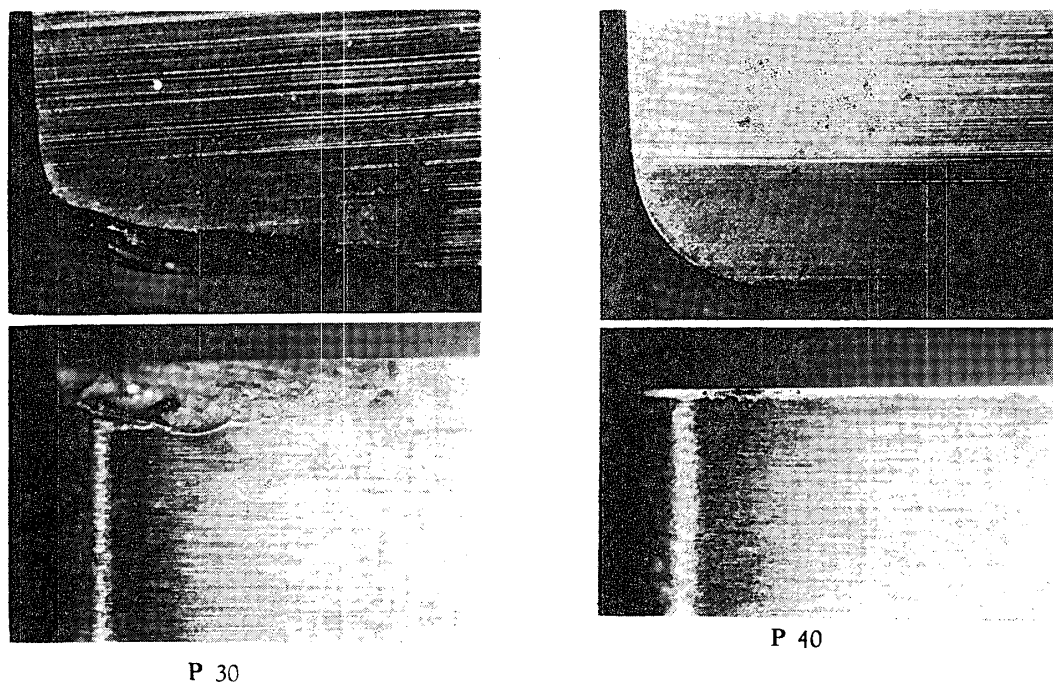


Fig.2 Photograph of tool chipping (Carbide : P)

ら，超硬工具に発生する欠損の難易，すなわち動的な靱性を調べることに利用できる。

Fig. 2は超硬合金のP系列工具を用いて耐欠損性を調べた工具の代表的な欠損写真である。工具と被削材の接触法は $T \rightarrow U \rightarrow S \rightarrow V$ と好ましい接触領域にある。

良好な接触法にもかかわらずP30からP10にかけて欠損は大きくなり，すくい面からの欠損が著しい。欠損の大きさはP系列工具のピッカース硬さやその圧痕の割れ長さに対応し，硬く脆いものほど欠損は大きく，TからSにかけ発生している。P10はすくい面上に剝離を生じ，Fig. 1に示した圧痕の割れ長さに対応し，耐衝撃性に弱い材種であることが認められる。一方，P40はエンゲージ角 $-90^{\circ} \sim +90^{\circ}$ ，デイスエンゲージ角 $+90^{\circ} \sim -90^{\circ}$ といずれも激しい衝撃力を受けながら，Fig. 2で見られるように欠損を見つけられない。

Fig. 3はM系列工具の代表的な欠損写真である。M系列工具はP系列工具と異なる目的に適合するように設けられた材種であるから，被削材に炭素鋼S35Cを選んだことに疑問は残る。しかし，他の材種との靱性を比較することが目的であり，S35Cを用いて実験を行なった。M系列工具の接触法はP系列工具のそれと全く同じである。Fig. 3から判るように欠損を生じた工具はすくい面から欠損をおこし，とくに，Fig. 1に見られるようにK05工具とほぼ同じピッカース値

と圧痕の割れ長さの値を示したM10工具はすくい面に剝離を生じている。M30工具はP30工具に比較してFig. 1の結果から見てねばくなり，Fig. 3の欠損写真のように欠損も小さくなったと考える。M40工具はエンゲージ角ともに $-90^{\circ} \sim +90^{\circ}$ と1パス切削したにもかかわらず欠損を起していない。

P系列工具やM系列工具に対して行なった切削条件と同一でK系列工具の耐欠損性を調べたものが，Fig. 4の欠損写真である。K05工具はエンゲージ角 -21° （デイスエンゲージ角 $+21^{\circ}$ ）で欠損を生じ，K10工具はエンゲージ角 -12° （デイスエンゲージ角 $+12^{\circ}$ ）で欠損を生じた。いずれの値も5～8回実験を行なった結果の平均値である。

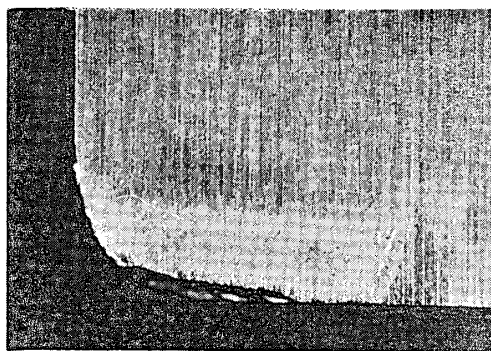
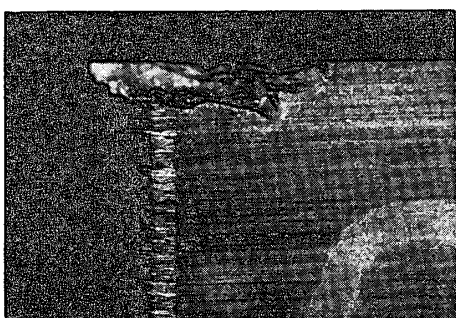
K系列工具の欠損発生は他のP系列工具やM系列工具と比較しておそい。しかし，欠損が発生すれば，Fig. 1に示したように脆い材種であるから，欠損は大きく，すくい面からの欠けとすくい面上の大きな剝離を見つけることができる。

エンゲージ角やデイスエンゲージ角の変化が工具欠損の難易に影響することが，P系列・M系列・K系列工具の実験結果から判明した。そこで，他の工具材種にこの考え方が拡張できないかと考え，次の実験を行なった。

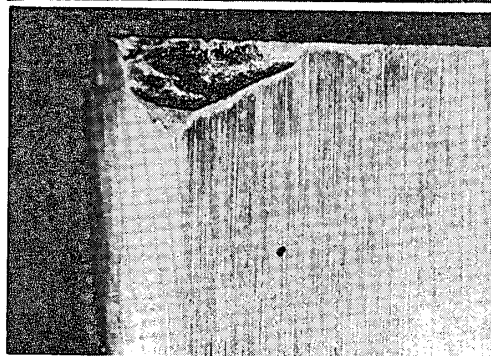
実験に供した工具は高速度鋼(HV5, HK1, SKH4)と超微粒子の超硬工具である。切削条件はこれら



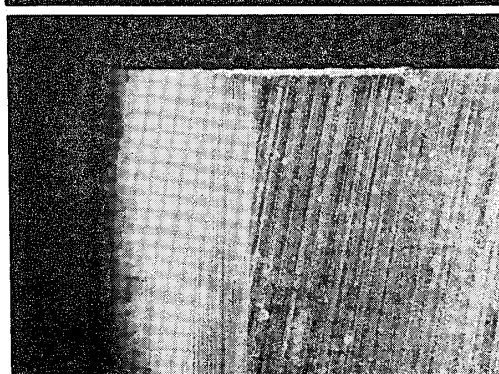
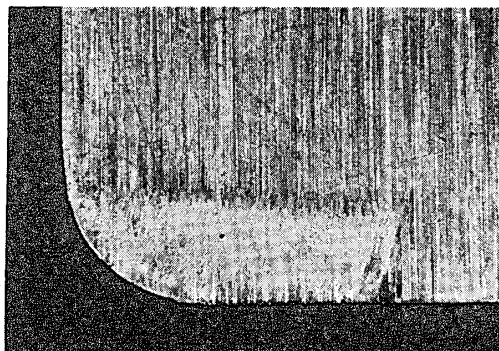
M 10



M 30

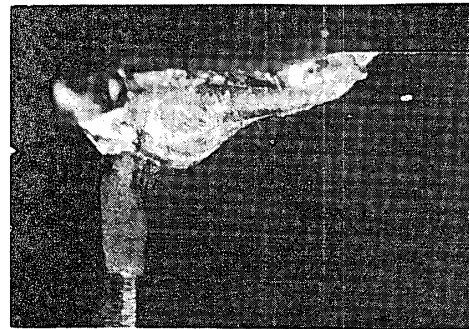
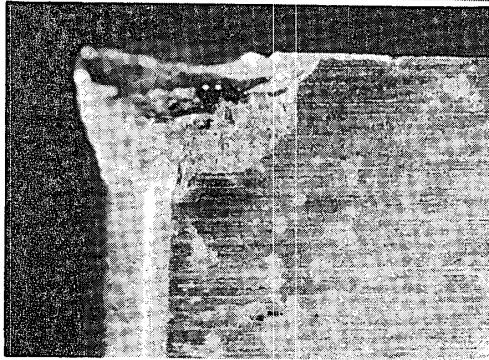
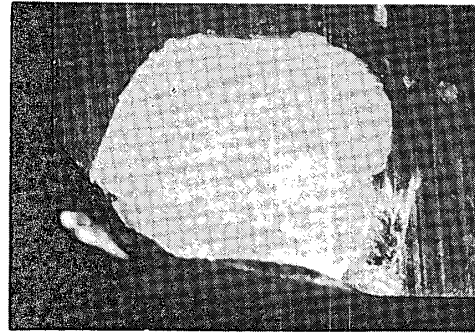
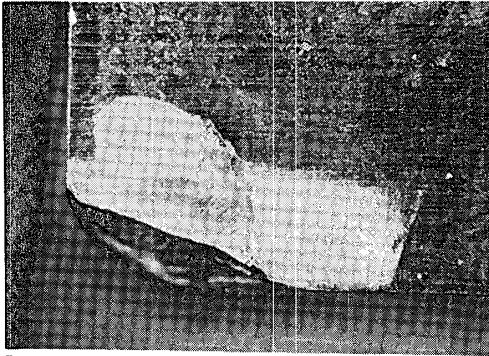


$V = 104 \text{ m/min}$
 $d = 1.5 \text{ mm}$
 $f = 0.169 \text{ mm/tooth}$
 Dry
 S35C (Hv = 205)



M 40

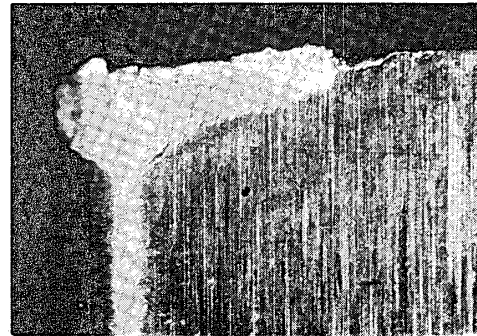
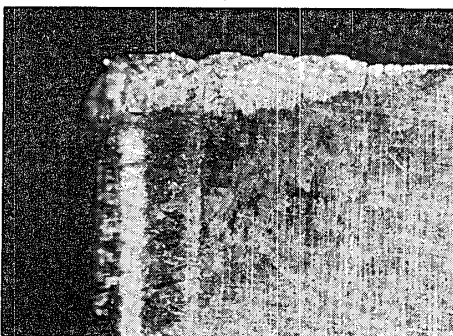
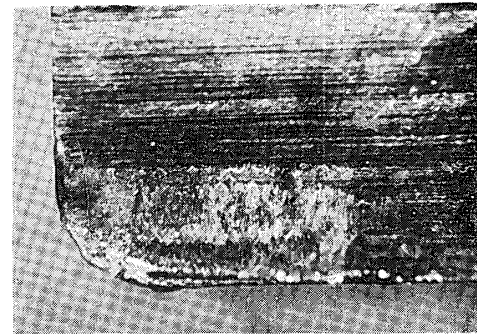
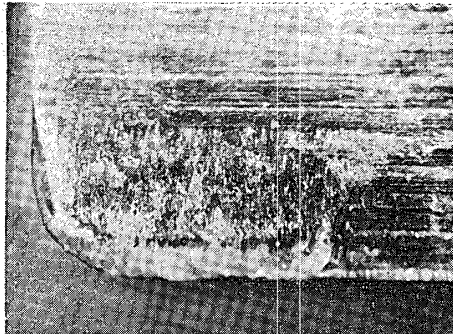
Fig.3 Photograph of tool chipping (Carbide : M)



K 05

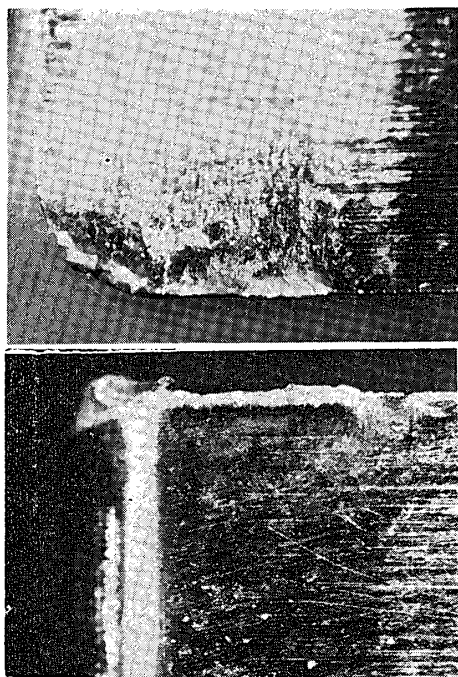
K 10

Fig.4 Photograph of tool chipping (Carbide : K)



SKH 4

HV 5



$V = 60.5 \text{ m/min}$
 $d = 1.5 \text{ mm}$
 $f = 0.21 \text{ mm/tooth}$
 Dry
 S 35C ($H_V = 205$)

HK 1

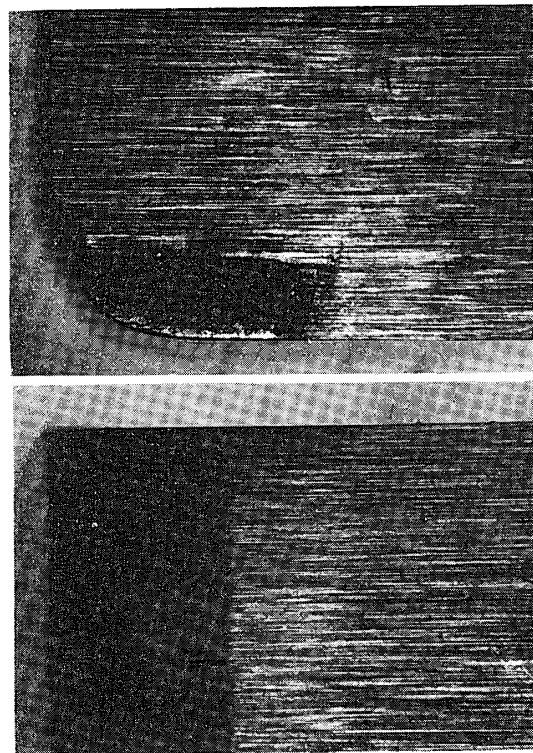
Fig. 5 Photograph of tool chipping (High speed steel)

の工具に適すると考えられる切削速度 $V=60.5\text{m/min}$ と定めた。被削材は超硬工具の耐欠損性を調べる実験に用いた炭素鋼 S35C ($H_V=205$) である。

Fig. 5 の写真は高速度鋼工具の耐欠損性を調べた結果である。高速度鋼工具は超硬合金と比較して靱性に富んでいるため、欠損は生じていない。ただ、工具の硬さ (Fig. 1) に応じて $HV5 > SKH4 > HK1$ の順に逃げ面は損傷を受けている。このことから超硬工具と同一に論ぜられないが、高速度鋼工具がどのような損傷を受けやすいか調べることも可能である。

つぎに、Fig. 6 は超微粒子の超硬工具についてエンゲージ角を $-90^\circ \sim +90^\circ$ 、同時にデイスエンゲージ角を $+90^\circ \sim -90^\circ$ にわたり変え、切削実験を行なった結果である。切削実験はとくに16コーナー実施したが、Fig. 6 の写真に示すように全く欠損は起っていない。切削条件は高速度鋼工具と同一である。

これらの実験から工具に欠損を生じたエンゲージ角 (デイスエンゲージ角) は被削材端面に発生した超硬工具の欠損に伴う縞模様と切削力 (F_1 , F_2) の記録結果の両者から求めた。前述のように大きな欠損は (M40を除く) 超硬工具 P, M, K の各系列のみに発生した。Fig. 7 は欠損を起したエンゲージ角と各工具のビッカース硬さとの関係を表わしたものである。この



Micro Grain

Fig. 6 Photograph of tool chipping (Carbide: Micro Grain (H))

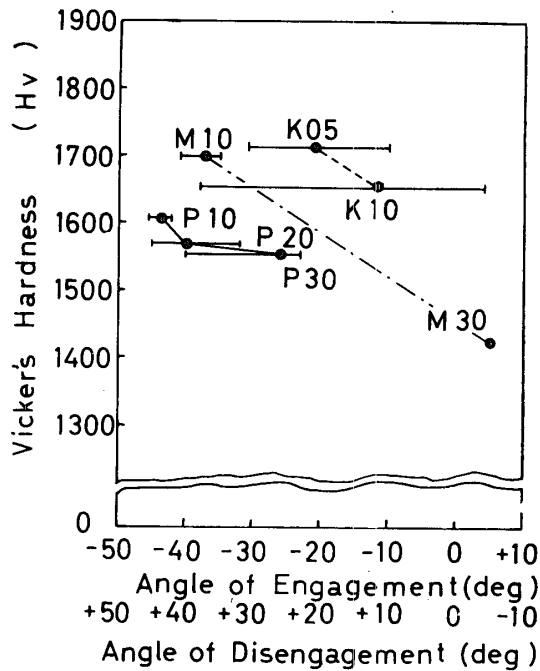


Fig.7 Chipping Failure in P-carbide, M-carbide and K-Carbide tools

Work material, plain steel S35C; cutter diameter, 254mm; depth of cut, 1.5mm; feed, 0.169mm/tooth; cutting speed, 104m/min;

図から一般に定性的に述べられてきた工具の靱性がよく表現できる。

4. 結 言

エンゲージ角と デイスエンゲージ角を連続的に変

え, 超硬正面フライス工具にかかる切削力を急激に変化させる本法は超硬工具の耐欠損性を調べることに応用できることが認められた。実験結果をまとめるとつぎのようになる。

1) 円筒材の端面切削により, エンゲージ角やデイスエンゲージ角が広い範囲にわたり変えられ, 切削時の衝撃力を急激に変えうるので, 超硬工具の動的ねばさを簡単に調べることができる。

2) 切削量が極めて少ないので, 切削工具の摩耗に伴う欠損を考慮することなく, 切削工具に生ずる初期の欠損が調べられる。切削量が少ないため繰返し切削実験が行なえる。その結果として耐欠損性を調べる実験で問題となる再現性が向上する。

この実験を進めるにあたり, 工具の製作は東芝タンガロイ(株)および日本高周波鋼業(株)に負うところが大きかった。ここに深く感謝します。

参 考 文 献

- 1) 大草, 北川: 山口大学工学部研究報告 20, No. 3, 441 (1970)
- 2) 大草, 北川: 山口大学工学部研究報告 21, No. 2, 189 (1970)
- 3) 三好, 原, 杉本: 日本金属学会誌 31, No.10, 1123 (1967)
- 4) 原, 矢津: 日本金属学会誌 32, No. 1, 61 (1969)
- 5) 横浜, 貞広: 粉体および粉末冶金 16, No. 8, 345 (1970)

(昭和45年11月14日受理)