切削作業標準設定に関する研究 (第1報)

— 18-8 不銹鋼 (SUS -7) の旋削作業 —

正 会 員 *竹 山 秀 彦

Study on Establishment of Machining Standard (Part 1)

— Operation Standard for Turning 18-8 Stainless Steel —

Hidehiko TAKEYAMA

In the laboratory to which the author is belonging, the experiments to establish the machining standards for a number of important materials standardized by the Government (JIS) has been just started as the big project. This report is for establishing the machining standard of 18-8 stainless steel. Here, the most suitable carbide grade and the best rake angle for turning the stainless steel have been selected from the viewpoint of two aspects of the tool life, flank wear and crater, and under the best combination of the above two, the feed effect has been studied. As a result, the machining standard of speeds, feeds and tool life equations for various combinations of tool-life criterions have been summarized in a table.

1. 緒 言

昭和32年度より、主要 JIS 材料の切削作業に関する作業標準設定を目標とする研究が開始された。第一段階として上記材料の旋削部門を行い、以後フライス削り其他に推し及ぼすものである。本報告はその中の第一歩として比較的削りにくいとされている 18-8 不銹鋼につき、超硬工具を用いて、そのフランク摩耗及び掬面摩耗を追跡することにより、両摩耗からみた寿命曲線及び寿命方程式を求めることによつて最適超硬工具グレード、刃部形状、送り、切削速度等の諸元を撰択せんとした結果について述べるものである。

ただしここに報告する結果は上記材料の旋削作業条件の目安を与えるものであつて、実際は各現場において機械の条件、被削材の多少の相違、経済性、生産速度等の特殊性に応じ或る程度の調整を要することは勿論である。

2. 試験方法

本実験の内容は大別して次の4つである。

最適グレード撰択試験：新品種を含む10種のグレードに対し

最適刃部形状（主として横擦角）撰択試験：最適グ

レード2種に対し

送りに関する試験：最適グレード1種、横擦角10°に対し

最適作業条件の求出：その過程と切削標準表の設定

上記各項目は何れも工具のフランク摩耗と掬面摩耗の両者を追跡し、それらが夫々一定値に達したときを以て夫々の摩耗形式よりみた寿命となし、それによつて寿命曲線、更には寿命方程式を求めてパラメーター間の比較検討を行つた。即ち上記各項目は工具寿命に着目して行われたのである。

本実験における装置及び条件を列挙すれば次の通りである。

試験用旋盤 豊田工機株式会社 ハイネマン型6尺多

刃旋盤、15馬力整流子電動機付

工具寸法 31-2 (JIS)

工具チップ材質 PA01, PA1, MA1, MA2, MB01, MB1, MB2, MB3, MC1 及び MC2 の10種、但し上記グレード記号は Table 1 に示す新品種を含めた分類法を提案しこれに則つた

工具刃部形状 0, var., 6, 6, 15, 15, 0.5, 但し本記号は前擦, 横擦, 前逃, 横逃, 前切刃, 横切刃角, ノーズ半径 (mm) の順

切込み 2 mm

* 工業技術院機械試験所

Table 1 Classification of sintered carbides.

Straight Tungsten Carbide (P)											
Machining Tool (A)			Anti-Abrasion Tool (B)		Mining Tool (C)		Others				
General Notation	Grade	JIS	General Notation		General Notation						
PAn	PA 03		PBn		PCn						
	PA 02										
	PA 01										
	PA1	G1									
	PA2	G2									
	PA3	G3									
Multi-Carbide (M)											
Double Carbide (A)			Triple Carbide (B)		Universal Use (C)		Automatic Machine Use (D)				
General Notation	Grade	JIS	General Notation	Grade	General Notation	Grade	General Notation				
MAn	MA 01		MBn	MB01	MCn	MC1 MC2	MDn				
	MA1	S1		MB1							
	MA2	S2		MB2							
	MA3	S3		MB3							

送り 0.17 及び 0.34mm/rev (グレード撰択試験), 0.25mm/rev (送り, 横削角撰択試験)

切削剤 乾式

被削材 18-8 不銹鋼 SUS-7 (JIS), 0.06%C, 18.95%Cr, 9.02%Ni, 0.67%Si, 1.21%Mn, 0.033%P, 0.005%S, 抗張力 55.4kg/mm², 硬度 137 BHN, Fig.1 は各インゴットに対応する丸棒中央よりとった 150mmφ×15mm 円板 4 枚の各々に対する半径方向の硬度分布 (ロックウェル B) を示す

被削材寸法 150mmφ×650mm

Fig. 1 Hardness (Rockwell B) of stainless steel SUS-7.

切削試験は長手切削で, 一定時間 (1~5分) 間隔で切削を行い, 工具を外してフランク摩耗幅をツァイス社工具顕微鏡で読取る。掬面摩耗はその長手中央部に当ってそれを横断する様に 触針式仕上面試験機の触針を走行させて 500 倍の倍率で掬面摩耗の横断プロファイルを求める。その一例が Fig.2 に示されているが, この写

Fig.2 Sectional profiles of progressive craterings.

真より最大深さを測定する。これら両摩耗量を切削時間に対してプロットし夫々が夫々の寿命判定基準値に達したときを以て夫々の立場からみた寿命とする。

Fig. 1 で示されるように被削材々質上の半径方向のむらは可成りあり, 特に丸棒中心部は相当硬度が高いので, これに基づく誤差をのがれるために被削材丸棒の最終径は 60mmφ とした。更に例えば A₁, A₂, A₃……なるパラメーター (例えばチップグレード) の比較試験を

しようとする場合、それらに対する夫々の寿命曲線を引く上に必要な点 $a_1, a_2, a_3, \dots$ を求めるには上記一定時間々隔で上記 $A_1, A_2, A_3, \dots$ なるパラメーターに対してランダムに切削試験を行い夫々のパラメーターに対し、略々様な進捗度を以て切削時間と工具摩耗量の関係延いては寿命曲線（切削速度と寿命の関係）ができ上るようにしたために多少の被削材の不均一に基づく誤差は平均化されパラメーター間の相対的比較を見誤る心配を最小にした。

次に寿命判定基準について一言しておこう。不銹鋼の超硬工具による切削でのフランク摩耗の代表例は Fig.3 に示すようなものであり、ノーズ部が最も摩耗し易い。そこで實際上工具再研磨という立場からはこの最大フランク摩耗巾を追跡することが合理的であるという見地から、同摩耗巾が 0.6mm に達したときを以てフランク摩耗から見た寿命とした。なお不銹

Fig. 3 Typical flank wear in machining 18-8 stainless steel.

Fig. 4 Boundary abrasion (right hand) on side relief.

鋼の切削では Fig.4 にみられるようにノーズより切込み量に相当する距離に、横断面に発生する切刃損傷（境界摩耗という人もある）が可成り大きく発達し相当問題となるが今の場合この型の損傷に対しては一応目をつぶっておいた（後報で取扱う）。

次に掬面摩耗に関しては、その最大深さが 0.05mm に達したときを以て掬面摩耗から見た工具寿命とした。この根拠は掬面摩耗の最大深さが 0.05mm 程度になると刃

Fig. 5 Tool life curves (flank wear) for various grades of carbide.
Tool shape = (0, 10, 6, 6, 15, 15, 0.5), feed = 0.34mm/rev.

先の大きな機械的破壊が散見し始めるということにある。

フランク摩耗及び掬面摩耗に対する寿命判定基準に関しては、経済性¹⁾からそして刃先破壊の危険性の点から種々の意見が出されているが今はこれについては触れないでおく。

3. 実験結果

3.1 最適グレードの撰択

Fig.5 及び Fig.6 は夫々送り 0.34mm/rev 及び 0.17mm/rev の場合、2 で述べた 10 種の超硬工具グレード

Fig. 6 Tool life curves (flank wear) of various grades of carbide.
Tool shape = (0, 10, 6, 6, 15, 15, 0.5),
feed = 0.17mm/rev.

に対するフランク摩耗から見た寿命曲線を示すものである。但し工具刃部形状は 0, 10, 6, 6, 15, 15, 0.5 である。これらの図よりわかるように、MA1, MB01, MB1 のように高いグレードの超硬チップは 18-8 不銹鋼の熔着性の故に、或程度以下の切削速度になるとチップングを起し

て寿命曲線は直線(近似的)にならないで正の勾配に折れ曲る。この種の工具は信頼性に乏しく實際上 18-8 不銹鋼切削用には不適当である。そこでフランク摩耗において最も安定したしかもよい性能を示すものは MB2 (トリプルカーバイト 2 番) と MC1 (汎用種 1 番) といことがわかる。即ち被削材の熔着性に基因するチッピングに対抗するに必要且つ十分な韌性と可成りの硬さ或いは耐摩性と耐熱性を具えたチップがよいということが示されている。

次に捲面摩耗については、前記フランク摩耗の場合と同一の切削条件の下に送り 0.34mm/rev 及び 0.17mm/rev に対し夫々 Fig.7 及び Fig.8 が得られる。これら

Fig. 7 Tool life curves (crater) for varying grades of carbide.
Tool shape=(0,10,6,6,15,15,0.5),
feed=0.34mm/rev.

Fig. 8 Tool life curves (crater) for varying grades of carbide.
Tool shape=(0,10,6,6,15,15,0.5),
feed=0.17mm/rev.

Table 2 Tool life equations for carbide tools of various grades.
(feed=0.17mm/rev)

Carbide Grade	Tool Life Equation (Flank Wear) Feed : 0.17mm/rev	V_{100} mpm	Tool Life Equation (Crater) Feed : 0.17mm/rev	V_{100} mpm
PA 01			$VT^{0.324}=220$	50
PA1				
MA1	$VT^{0.243}=440$ ($V \geq 270$) $VT^{-0.118}=210$ ($V < 270$)		$VT^{0.325}=380$	85
MA2	$VT^{0.23}=330$ ($V \geq 180$) $VT^{-0.13}=125$ ($V < 180$)		$VT^{0.270}=320$	92
MB 01	$VT^{0.215}=370$	135	$VT^{0.286}=404$	106
MB1	$VT^{0.185}=380$ ($V \geq 205$) $VT^{-0.145}=127$ ($V < 205$)		$VT^{0.295}=384$	98
MB2	$VT^{0.203}=370$	143	$VT^{0.266}=400$	107
MB3	$VT^{0.201}=320$	128	$VT^{0.300}=370$	92
MC1	$VT^{0.225}=402$	143	$VT^{0.300}=370$	92
MC2	$VT^{0.185}=282$	115	$VT^{0.295}=348$	88

Table 3 Tool life equation for carbide tools of various grades.
(feed=0.34mm/rev)

Carbide Grade	Tool Life Equation (Flank Wear) Feed=0.34mm/rev	V_{100} mpm	Tool Life Equation (Crater) Feed=0.34mm/rev	V_{100} mpm
PA 01	$VT^{0.235}=130$	44	$VT^{0.219}=140$	52
PA1			$VT^{0.259}=125$	38
MA1	$VT^{0.471}=350$ ($V \geq 130$) $VT^{-0.161}=88$ ($V < 130$)		$VT^{0.286}=250$	66
MA2	$VT^{0.178}=194$	85	$VT^{0.223}=210$	74
MB 01	$VT^{0.195}=230$ ($V \geq 140$) $VT^{-0.245}=77$ ($V < 140$)		$VT^{0.264}=260$	78
MB1	$VT^{0.258}=230$ ($V \geq 125$) $VT^{-0.214}=70$ ($V < 125$)		$VT^{0.273}=250$	72
MB2	$VT^{0.242}=190$	63	$VT^{0.249}=255$	77
MB3	$VT^{0.253}=185$	58	$VT^{0.253}=258$	80
MC1	$VT^{0.234}=210$	71	$VT^{0.253}=258$	80
MC2	$VT^{0.211}=140$	53	$VT^{0.286}=255$	68

Fig. 9 Tool life curves (flank wear) for varying rake angles.
Tool=MC1 (0, var., 6, 6, 15, 15, 0.5),
feed=0.25mm/rev.

Fig. 10 Tool life curves (crater) of varying rake angles.
Tool=MC1 (0, var., 6, 6, 15, 15, 0.5),
feed=0.25mm/rev.

に対して示したものである。

3.2 刃部形状, 特に横掠角の撰択

旋削作業において刃部形状中寿命を最も大きく左右する要素は横掠角である。そこで 3.1 より撰択された最適超硬グレード MB2 及び MC1 に対し横掠角を $-5^\circ \sim 20^\circ$ まで変化せしめてフランク摩耗及び 捲面摩耗の両者を追跡し、夫々の立場からみた寿命曲線を求めた。夫々に対応する例が Fig. 9 及び Fig. 10 である。また Table. 4 は超硬グレード MB2 及び MC1 に対する寿命方程式である。但しこの場合の送りは 0.25mm/rev である。

フランク摩耗からみた寿命は通常の掠角領域では著しい変化を示さない故にこの意味からだけでは掠角選定にさして気を配る必要はないであろう。いま掠角の工具寿命、或いは一定工具寿命(今の場合 100分)に対する切削速度えの影響を図示するとフランク摩耗及び捲面摩耗に対して Fig. 11 のようになる。この傾向はグレード MB2 及び MC1 両者に対して共通である。まづフランク摩耗に関しては、 $0^\circ \sim 5^\circ$ の横掠角が最適であることがわかる。掠角が小さ過ぎると刃面切屑接触面積も剪断歪も大となり刃先の発生熱は増大しフランク摩耗も大となるに反し、

Table 4 Tool life equations for varying tool shapes.

Tool=MC1 & MB2 (0, var., 6, 6, 15, 15, 0.5),
feed=0.25mm/rev.

MB2				
Side Rake	Tool Life Equation (Flank Wear)	V_{100} mpm	Tool Life Equation (Crater)	V_{100} mpm
-5°	$VT^{0.199}=232$	93	$VT^{0.218}=225$	84
0°	$VT^{0.175}=225$	100	$VT^{0.210}=246$	92
10°	$VT^{0.192}=220$	92	$VT^{0.205}=262$	102
15°	$VT^{0.190}=216$	90	$VT^{0.209}=280$	108
20°	$VT^{0.205}=214$	83	$VT^{0.206}=298$	116
MC1				
-5°	$VT^{0.249}=274$	87	$VT^{0.260}=253$	77
0°	$VT^{0.192}=250$	103	$VT^{0.234}=255$	88
10°	$VT^{0.202}=245$	97	$VT^{0.218}=266$	98
15°	$VT^{0.203}=240$	94	$VT^{0.235}=286$	97
20°	$VT^{0.198}=223$	90	$VT^{0.238}=300$	100

Fig. 11 Effect of rake angle on cutting speed for 100 min tool life (flank wear and crater).

Tool=MB2 (0, var., 6, 6, 15, 15, 0.5),
feed=0.25mm/rev.

傾角が大に失すると刃先の機械的強度の低下に基づくチッピング。そしてそれがフランク摩耗へ転移し、これが加速され却つて悪結果を生じ、結局上述の範囲に最適値が存在すると考えられる。

一方端面摩耗に関しては Fig. 11 でわかるように傾角の大なる程端面摩耗からみた工具寿命は長くなることが MB2 及び MC1 の両グレードに対していえる。

そこで結局如何なる傾角が最適かということであるが、それは夫々の切削条件における工具寿命の直接原因となる摩耗のタイプが何れであるかによつて変つてくる。即ち寿命の直接原因となる工具摩耗のタイプが端面

摩耗なら刃先強度の許す限度で傾角が大きい方がのぞましく、またフランク摩耗が直接原因となる条件下では前述のように 0°~5° がよい。しかし 18-8 不銹鋼の超硬工具による切削では、後で詳述するように送りが大きい場合、従つて一定工具寿命に対する切削速度が低い場合（つまり粗切削の場合）には工具寿命の直接原因となる摩耗のタイプはフランク摩耗であるので横傾角は 0°~5° が最適となり、反対に高速軽切削では端面摩耗が寿命の直接原因となるので横傾角は 10°~15° がよい（20° では刃先強度の点で多少危険である）。

3.3 送りの影響

18-8 不銹鋼に対する最適超硬グレード MB2 を用い、横傾角を 10° としてフランク摩耗寿命曲線及び端面摩耗寿命曲線が送りによつて如何に変化するかを示したのが

Fig. 12 Tool life curves (flank wear) for varying feeds.

Tool=MB2 (0, 10, 6, 6, 15, 15, 0.5).

Figs. 13 Tool life curves (crater) for varying feeds.

Tool=MB2 (0, 10, 6, 6, 15, 15, 0.5).

夫々 Figs. 12, 13 である。即ち両方の場合を通じ、大勢は送りの増加とともに寿命は短くなるが唯フランク摩耗寿命にあつては送りが 0.1mm/rev 以下になると却つて寿命が短くなる事実がある。18-8 不銹鋼は加工硬化し易い材料であるが、送りが 0.1mm/rev 以下に小さくなると寸法効果や送りむらの影響も手伝つて刃先が被削材表面を擦るようなこと或いは刃先の乗り上げ現象が起り、

これが被削材表面の加工硬化を促進して益々乗り上げを起して工具端面の激しいアブレーションを起すためである。従つて送りは 0.1mm/rev 以下にす可きでない。また仕上面の点からしても送りを 0.1mm/rev 以下にしてもさして粗さは減少するものではない³⁾。

掘面摩耗が送りの減少とともに少くなることは極めて常識的な結果であるのでここでは特に解説しない。

3・4 最適切削条件

18-8 不銹鋼の超硬切削における最適超硬グレード、刃部形状については既に述べたがここでは特に切削速度及び送りの撰択にはその条件下でフランク摩耗と掘面摩耗との何れが工具寿命の直接原因になるかがわからなければならないのでその間の兼ね合いについて論じ最後に最適条件表を揭示しよう。

いま MB2 グレード (横堀角は 10°) で 18-8 不銹鋼を切削した場合のフランク摩耗寿命曲線と掘面摩耗寿命曲線の両者を送り 0.11, 0.17, 0.25 及び 0.34mm/rev の夫々に対して総合表示したものが Fig. 14 である。夫

れば比較的低速重切削においては工具寿命は殆んどフランク摩耗によって支配されるということである。これに反し送りが小で、従つて一定工具寿命に対する切削速度を高くとれるような所謂高速軽切削では工具の寿命は多く掘面摩耗によつて支配されるということがわかる。従つて所定の送り及び工具再研摩時間においては工具の寿命は一体どのタイプの摩耗によつてその下限が決定されるかを知り、その寿命曲線を基にしてはじめて合理的切削条件が選定され、また切削速度と工具再研摩時間が予め与えられたときは矢張りこの寿命方程式を基礎にして合理的送りが選定される。

さて工具寿命の下限を規定するものはフランク摩耗か掘面摩耗か、そしてそれに基づいて速度なり送りなりを決定するには両型の摩耗によつて同時に工具寿命に到達する点 (両摩耗が同時に夫々の寿命判定基準に到達する点)、即ち Fig. 14 で送り 0.11 及び 0.17mm/rev の場合にみられる両摩耗寿命曲線の交点の軌跡を知っておく必要がある。これは次の様な方法で数字的に求める。

フランク摩耗からみた、送りの項を含んだ寿命方程式は一般に

$$T = C_1 V^{a_1} f^{b_1} \quad (1)$$

で表わせる。但し T は寿命 min, V は切削速度 mpm, f は送り mm/rev, C_1 は常数, a_1 及び b_1 は共に指数である。超硬 MB2 に対しては Fig. 12 より、送り 0.10mm/rev 以上に対して次式のようなになる。

$$T = 3.64 \times 10^8 V^{-4.72} f^{-4.35} \quad (1)'$$

一方掘面摩耗からみた寿命方程式は

$$T = C_2 V^{a_2} f^{b_2} \quad (2)$$

但し C_2 は常数, a_2 及び b_2 は指数であり、実際 MB2 工具に対しては

$$T = 3.14 \times 10^8 V^{-3.86} f^{-1.80} \quad (2)'$$

そこで(1)及び(2)より T を消去すれば両摩耗寿命曲線の交点の軌跡が求まる。即ち、

$$V^{1-a_2} f^{b_1-b_2} = \frac{C_2}{C_1} \quad (3)$$

本方程式は同時に両摩耗の寿命限界を表わすもので、いま(1)', (2)'を用い(3)より実際の曲線を求めると Fig. 15 のような双曲線になる。

Fig. 14 より明らかなように掘面摩耗寿命曲線 ($VT^{n'} = C'$) の勾配 n' はフランク摩耗寿命曲線 ($VT^n = C$) の勾配 n より常に大である。即ち $|a_1| > |a_2|$ 従つて $|b_1| > |b_2|$ ということである。故に Fig. 14 において両

Fig. 14 Composite tool-life curves.
Tool=MB2 (0, 10, 6, 6, 15, 15, 0.5).

々の送りに対する工具の運命は夫々の送りに対する上記の一对の寿命曲線中下方にあるものによつて決定されるのである。若し一对の寿命曲線が互に交叉している場合は寿命決定の限界線は折れ曲つた二つの直線によつて構成される (Fig. 14 の送り 0.11 及び 0.17mm/rev の場合の如し)。Fig. 14 ではこの限界線を夫々の送りに対して実線を以て示してある。

そこで Fig. 14 でいえることは、送りが大で (例えば 0.25 及び 0.34mm/rev の如く)、従つて一定工具寿命に対する切削速度の低いときは、フランク摩耗寿命曲線は少くとも寿命 300min 内では常に掘面摩耗寿命曲線より下方にある (但しフランク摩耗巾 0.6mm, 掘面摩耗最大深さ 0.05mm を寿命判定基準とした場合)。換言す

Fig. 15 Calculated curve of critical tool life.

摩耗寿命曲線の交点の左側、或いは高速側では常に フランク摩耗が工具寿命を規定し、交点の右側、即ち低速側では 掘面摩耗が工具寿命を規定することとなる。上述の交点は実は Fig. 15 の曲線上の点であるから、Fig. 15 で一定送りに対する曲線上の点に着目し、それより高速側、換言すれば曲線の右側ではフランク摩耗が工具寿命を決定し、逆に曲線の左側では掘面摩耗が工具寿命を決定することになる。即ち Fig. 15 の曲線の上側はフランク摩耗寿命域であり 下側は掘面摩耗寿命域となるわけである（この逆の場合は文献 4 参照）。この双曲線のどちら側がどのタイプの寿命域になるかは両摩耗からみた寿命曲線の勾配の大小によって決定されるものである。

さて両摩耗が同時に寿命値に達する 上述の限界寿命時を丁度工具の再研磨時間 T_g min に一致せしめれば実際上最も妥協的な生産ができるといえるであろう。この場合の切削条件を求めるには、(1)及び(2)より夫々

$$V_g^{a_1} f_g^{b_1} C_1 = T_g \quad (4)$$

$$V_g^{a_2} f_g^{b_2} C_2 = T_g \quad (5)$$

但し V_g 及び f_g は夫々両摩耗が同時に寿命値に達するときの切削速度 mpm 及び送り mm/rev を示す。

さて(4)、(5)より V_g 及び f_g を求めれば

$$V_g = \left\{ \left(\frac{T_g}{C_1} \right)^{\frac{1}{b_1}} \frac{1}{\frac{a_1}{b_1} - \frac{a_2}{b_2}} \right\} \quad (6)$$

$$f_g = \left\{ \left(\frac{T_g}{C_1} \right)^{\frac{1}{a_1}} \frac{1}{\frac{b_1}{a_1} - \frac{b_2}{a_2}} \right\} \quad (7)$$

(6)、(7)で与えられる切削速度及び 送りをつきとめてお

けばそれを多少修正することによつて 寿命を決定する摩耗のタイプを何れにしました何の程度にするかができるのでこれらの値は切削条件決定の重要な目安となる。

さて今迄の叙述においては フランク摩耗及び掘面摩耗に対する寿命判定基準を夫々 $V_B=0.6$ mm, $K_T=0.05$ mm として来たのであるが作業目的及び生産コストの面からその基準即ち工具再研磨の時期は異つてくることを考慮しなければならない。これら判定基準 V_B 及び K_T が違った値をとれば (1)~(7)の指数 a_1 , a_2 , b_1 , b_2 は兎も角として C_1 及び C_2 , 更には一定工具寿命に対する切削速度は違った値をとつてくる。のみならず(6)及び(7)より与えられる V_g や f_g も異つてくる。そこで切削標準を設定する 側としては V_B 及び K_T なる寿命判定基準の数種の組合せにおいて種々の送り、それらに対する寿命方程式及び一定工具寿命（今の場合 100分とした）に対する切削速度 (V_{100}) を与えなければならない。これが即ち Table 5 である。但し 超硬グレードは MB2, 刃部形状は (0, 10, 6, 6, 15, 15, 0.5), 切込みは 2 mm, 切削剤は乾燥である。

さて Table 5 において、所定の判定基準 V_B 及び K_T の下で一定の送りに対する 100 分寿命に対する切削速度がフランク摩耗 (FV_{100}) と掘面摩耗 (cV_{100}) の各々に対して求まるが、その両者の中低い値の方が実用速度として採用されるべきで、それに対応する摩耗型態が工具の寿命を直接支配するものとなる。

横堀角の選定は、上述の手法でフランク摩耗が寿命の直接原因であることが判明したら $0^\circ \sim 5^\circ$ とし、また掘面摩耗が直接原因であるような条件ならば $10^\circ \sim 15^\circ$ とすべきである。例えば工具寿命判定基準をフランク摩耗及び掘面摩耗に対し夫々 0.60mm 及び 0.05mm とし、且つ工具再研磨時間を 100分としたとき、送りが 0.20 mm/rev 以上では横堀角を $0^\circ \sim 5^\circ$ とし、送りがそれ以下のときには $10^\circ \sim 15^\circ$ とするといった具合である。

4. 結 論

- (1) 18-8 不銹鋼旋削の最適超硬グレードは MB2 乃至は MC1 である。
- (2) 18-8 不銹鋼旋削の作業標準を求めた。但し超硬グレードを MB2 とした。
- (3) 18-8 不銹鋼旋削の最適堀角は、工具寿命の直接原因がフランク摩耗ならば $0^\circ \sim 5^\circ$, また掘面摩耗ならば $10^\circ \sim 15^\circ$ である。
- (4) 18-8 不銹鋼の旋削にあつては、特別の目的以外では送りを 0.10mm/rev以下にすべきではない。何と

Table 5 Machining standard for 18-8 stainless steel (SUS-7).

Tool—sintered carbide MB 2 (0, 10, 6, 6, 15, 15, 0.5), depth of cut—2 mm, cutting fluid—dry,
material—SUS-7 (JIS), 0.06% C, 13.95% Cr, 9.02% Ni, 137 BHN, 55.4 kg/mm² tensile strength.

Criterion of Tool Life, V_B mm	Tool Life Equation	Feed f mm/rev	Tool Life Equation	Feed, f mm/rev	Tool Life Equation	Cutting Speed for 100 Min Tool Life, $v V_{100}$ mpm	Criterion of Tool Life, K_T mm	Tool Life Equation	Feed, f mm/rev	Tool Life Equation	Cutting Speed for 100 Min Tool Life, $v V_{100}$ mpm
0.8	$Vf^{0.88}T^{0.19}=71$	0.08	$VT^{0.19}=405$	173					0.08	$VT^{0.25}=580$	188
		0.11	$VT^{0.19}=480$	200					0.11	$VT^{0.25}=510$	166
		0.17	$VT^{0.20}=342$	140			0.10	$Vf^{0.49}T^{0.25}=175$	0.17	$VT^{0.26}=430$	135
		0.25	$VT^{0.19}=245$	101					0.25	$VT^{0.23}=330$	114
		0.34	$VT^{0.19}=181$	77					0.34	$VT^{0.24}=272$	92
0.7	$Vf^{0.90}T^{0.21}=69$	0.08	$VT^{0.21}=418$	164					0.08	$VT^{0.25}=541$	179
		0.11	$VT^{0.21}=470$	187					0.11	$VT^{0.25}=472$	156
		0.17	$VT^{0.20}=340$	132			0.08	$Vf^{0.50}T^{0.25}=165$	0.17	$VT^{0.25}=402$	127
		0.25	$VT^{0.21}=240$	94					0.25	$VT^{0.24}=315$	117
		0.34	$VT^{0.21}=174$	67					0.34	$VT^{0.24}=261$	88
0.6	$Vf^{0.90}T^{0.21}=65$	0.08	$VT^{0.20}=370$	160					0.08	$VT^{0.25}=510$	164
		0.11	$VT^{0.18}=400$	182					0.11	$VT^{0.25}=460$	145
		0.17	$VT^{0.20}=320$	124			0.06	$Vf^{0.50}T^{0.25}=152$	0.17	$VT^{0.26}=380$	117
		0.25	$VT^{0.21}=233$	87					0.25	$VT^{0.24}=290$	98
		0.34	$VT^{0.22}=190$	67					0.34	$VT^{0.24}=250$	82
0.5	$Vf^{0.85}T^{0.19}=63$	0.08	$VT^{0.21}=380$	148					0.08	$VT^{0.26}=507$	153
		0.11	$VT^{0.20}=388$	162					0.11	$VT^{0.27}=460$	133
		0.17	$VT^{0.19}=215$	122			0.05	$Vf^{0.50}T^{0.26}=148$	0.17	$VT^{0.26}=370$	109
		0.25	$VT^{0.18}=215$	91					0.25	$VT^{0.25}=290$	92
		0.34	$VT^{0.20}=164$	64					0.34	$VT^{0.25}=242$	77

Flank Wear

Crater

なればフランク摩耗からみた寿命が低下するから。

- (5) フランク摩耗と掬面摩耗が同時に寿命判定値に到達する点の軌跡(切削速度と送りの関係)を理論的及び実験的に求め得た。

両摩耗からみた寿命曲線の勾配の大小関係より上記軌跡を境としてフランク摩耗寿命域と掬面摩耗寿命域の相対的位置が決定される。

終りに臨み御教示を賜った大越諄教授に謝し、また種々援助して下さった当所村井、臼井、糟谷技官に謝意を表す。
(1958, 6月24日受付)

参考文献

- 1) 小暮正夫: 超硬合金バイトの寿命に関する研究(第1報), 日本機械学会論文集, Vol.16, No. 53, p.70.
- 2) 例えば, Speeds and Feeds for Better Turning Results, The Monarch Machine Tool Co.
- 3) 切削仕上面の粗さの改善とその対策, 切削専門委員会報告, 精密機械, Vol.24, No.7, p.371.
- 4) 入江督: 切削原価についての一考察, 住友電気, Vol. 63, 12月号(昭.31), p.33.