

炭素鋼の仕上旋削における みぞ摩耗の仕上面あらさにおよぼす影響

藤 田 武 男*

Influence of Groove Wear on Surface Roughness in Finish
Turning of Carbon Steel.

Takeo FUJITA

Abstract

The fact that the surface obtained in finish-turning are worse than is expected on theoretical grounds, is disconcerting.

These results are due to the formation of groove wear in the clearance face of tool.

As described in this paper quantitative relations between surface roughness and groove wear are studied.

Following results are attained.

- 1) Development of groove wear with tool travel is greatly affected by chip flow direction and feed.
- 2) Maximum depth of groove can be showed as function of chip flow angle and feed.
- 3) Formation of surface roughness is affected by groove wear, that is, the fact that grooves transfer to surface of workpiece is observed.
- 4) Depth of groove is made shallower when end-cutting-edge angle, feed and angle between chip flow direction and rotatory axis of workpiece are selected smaller.

1. 緒 言

鋼の旋削において、仕上面あらさに影響をおよぼす因子として、工具形状と運動機構から幾何学的に生じる理論あらさ、および構成刃先の生成・脱落によるあらさ、切刃と工作物間の相対位置の変動によるあらさ、材料の盛り上がりによるあらさ、切刃の欠損・摩耗から生じるあらさ等があげられるが、高速仕上切削（鋼の場合通常150m/min以上と考えられる）においては、切刃の摩耗によるあらさ、中でも前切刃上に生じる、みぞ摩耗の影響を最もつよくうける。これはみぞ摩耗が加工面に転写される事実のためで、このみぞ摩耗の発生は仕上旋削で非常な妨げとなる。

本論文は、このみぞ摩耗と仕上面あらさとの関係を定量的に求めることを目的として炭素鋼 S55C の切削を行ない、仕上面プロファイル、みぞ深さの測定およびみぞ形状の観察を行なった。また、切削の進行にもなうみぞ摩耗の進行過程を明らかにした。

2. 実験方法条件および使用器機

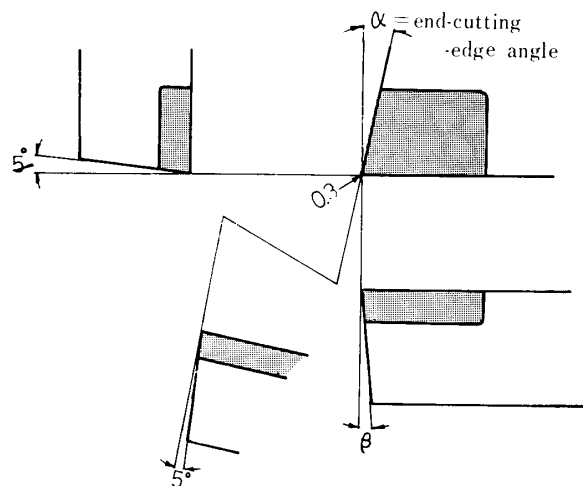


Fig. 1 Tip geometry

* 山口大学工業短期大学部機械工学科

使用工具材種は超硬合金 PO1 で、工具刃先形状は Fig. 1 に示す通りである、みぞ形状の観察を容易にするため、すくい角は 0° とした。切削後1分より2分毎に切削を中止し、みぞ摩耗およびアラサプロファイルの測定を行なった。使用旋盤はジャパンカズヌーブ HB-360X 型無段変速旋盤で、切削条件は次に示す通りである。

- 切削速度 $V=200\text{m/min}$
- 送り $f=0.05\text{mm/rev}$
- 切込み $d=0.2\text{mm}$
- 前切刃角 $\alpha=2^\circ$

前切刃角の影響を調べるためとして $\alpha=2^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ の3種類を使用した。また、仕上面あらさの測定には東京精密のサーフコム-2B型を使用した。

3. みぞ深さの測定

みぞ深さの測定は顕微鏡にて工具すくい面より100倍にてみぞ摩耗部の写真を撮り、それをまた10倍に拡大してみぞ深さの測定を行なった。みぞの深さ (G_d) は Fig. 2 に示すごとく被削材の回転軸に直角の方向をとる。なおみぞ部の写真撮影のさい、みぞの輪郭を明確にするため前にげ面下方より白色光をあてた。

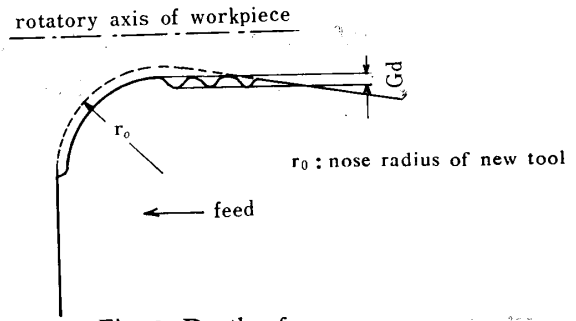
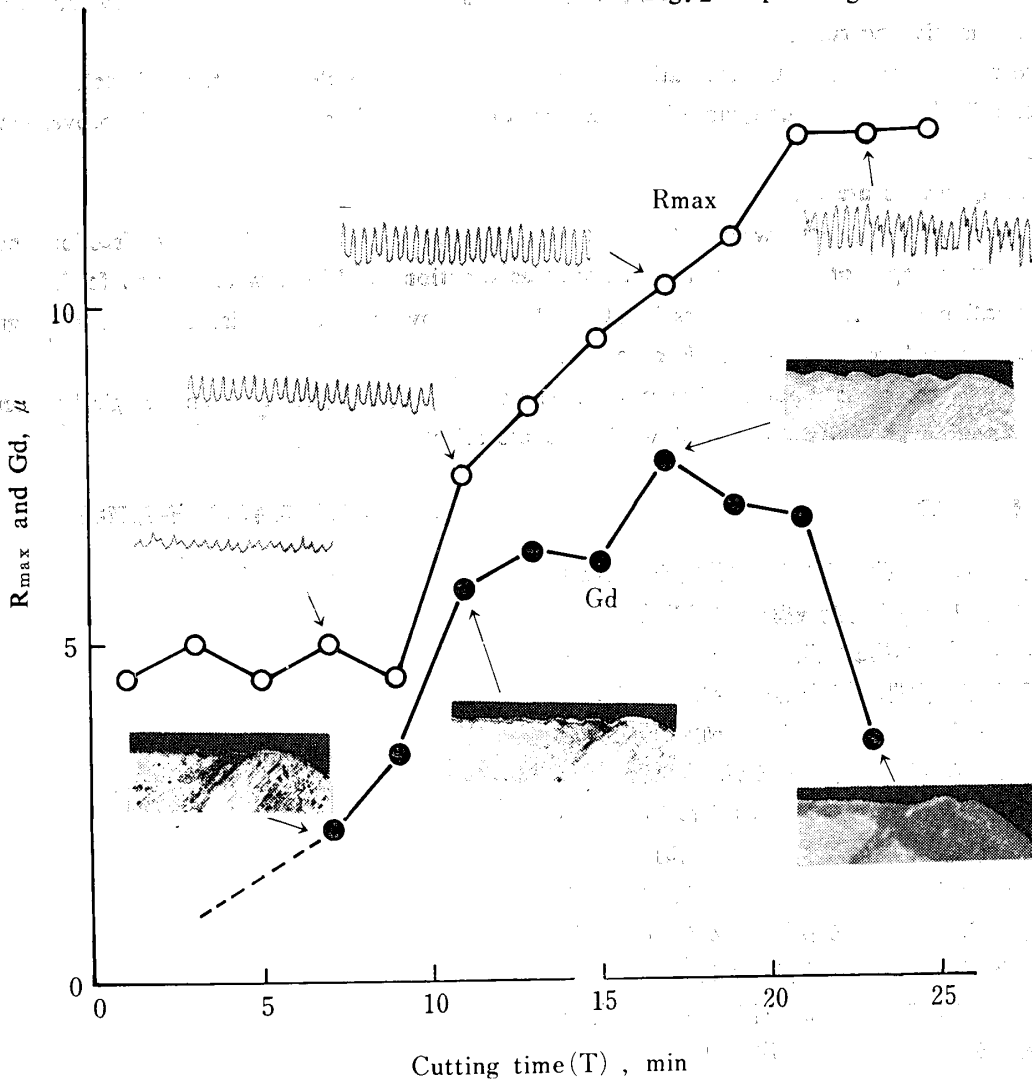


Fig. 2 Depth of groove wear



R_{max} : Maximum of surface roughness G_d : Depth of groove wear
 Cutting speed V : 200m/min, Feed f : 0.05mm/rev.
 Depth of cut d : 0.2mm, End-cutting-edge angle α : 2°

Fig. 3 Relation between cutting time and surface roughness, depth of groove wear

4. 実験結果と考察

4.1 仕上面あらさとみぞ深さの関係

Fig. 3は切削時間(T)にともなう仕上面あらさとみぞ深さとの関係を示した図で、このみぞ深さとあらさとの関係については、多くの研究者達により研究されているが、^{11)~16)}定量的に明確とされたものは少なく、奥島らはライツの光干渉計にてみぞ深さを測定し⁷⁾、みぞ深さと仕上面平均あらさとがほぼ一致することを示している。この値は筆者による値よりいく分低い値であるが、この関係は切削条件により多少異なるように思える。

切削時間にともなう、あらさ(R_{max})とみぞ深さの関係はFig. 3に示す通りである、すなわち切削初期($T=10$ 分)ではみぞ深さも小さく、あらさ(R_{max})は、みぞの影響をあまりうけず、溶着物等他の因子により大きく影響される、切削中期($T=15$ 分)では、みぞの被削材表面への転写が認められ、仕上面プロファイルは規則正しく、 R_{max} は急激に増大する、この領域では、仕上面あらさとみぞ深さとの値が近接して直線的に増大する。みぞ深さはある程度になると、みぞの凸部が崩壊するため減少し、このみぞの崩壊により仕上面プロファイルは非常な乱れを生じる、しかしみぞ深さは減少するが、 R_{max} はその後しばらく直線的に増大する。これはFig. 3のみぞ摩耗写真に見られるように、みぞの凸部が崩壊しても、ノーズ部がまだ残存するためと考えられる。その後ノーズ部の崩壊により、切削がバネシグの状態となり、ついにはビリビ振動を生じ始める。

4.2 みぞ摩耗の進行とみぞの形状

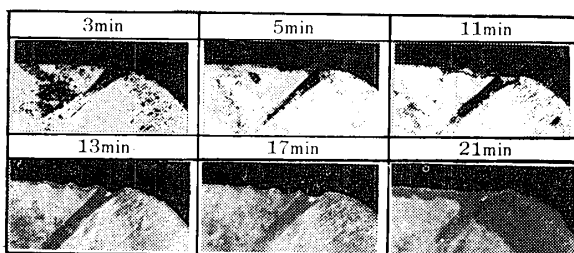


Fig. 4 Development of groove wear with cutting time

Fig. 4は切削の進行にともなう、みぞ摩耗の進行状況を示した写真である。まずすくい面上に切りくず流出痕がある中で生じる、3分の切削で第1番目のみぞが流出痕の巾とほぼ同じ巾で生じる、5分後ではすでに3番目のみぞを生じる、13分の切削ではみぞも深くなり4番目のみぞが生じる。しかし、この状態ではまだ

みぞの凸部が強く完全に残っていることがわかる、17分でみぞ深さはほぼ最大に達し、みぞの凸部は鋭利にたがり崩壊寸前の状態にある、21分に至り凸部が崩壊しみぞが消える。もちろんみぞの進行および大きさは工具材質および切削条件とくに切削温度に依存し、高温下ではみぞ凸部の崩壊が早いいためか、あまり深くなりえないように思える。

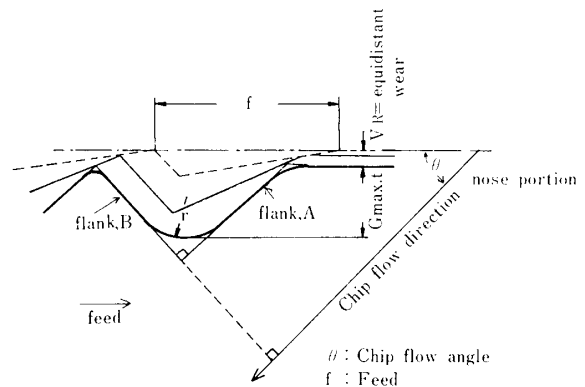


Fig. 5 Law of development of groove wear

次にみぞの形状は、すくい面からのみぞ摩耗の観察により、Fig. 5のごとく変化することがわかる。いま、みぞの切削方向側の面をA面 (flank A)、反対側をB面 (flank B) とする。A面およびB面は切くず流出方向により大きく支配される、すなわちB面は切くず流出方向にほぼ垂直で切削の進行にともない、その傾きを常に一定に保つ、またA面は切削にともないその傾きは刻々と変化し、最終的には切くず流出方向と一致するまで変化する。図5の作図よりみぞの凸部が切削の進行にともない、より鋭利にたがることがわかり、やがては凸部の崩壊に至る。一方ノーズ部は切削の進行にともないそれほど鋭利にたがることがないため、みぞの凸部よりも遅れて崩壊するものと考えられる。このノーズ部の残存が、みぞ深さが減少しても、仕上面あらさがすぐには減少しない理由と考えられる。

3.3 切くず流出角とみぞ深さ

上述のごとく切くず流出方向とみぞの形状とは密接な関係にあることがわかった。みぞ深さはA面が切くず流出方向と平行になったとき最大に達すると考えられる。なぜならFig. 6に示すように、みぞの頂きと底部の摩耗の進行は底部の方がより速く進むためみぞは深く進行するが、A面が流出方向に平行になると、底部の進行がとまり、凸部の進行が速くなるためみぞ深さが減少することから説明される。

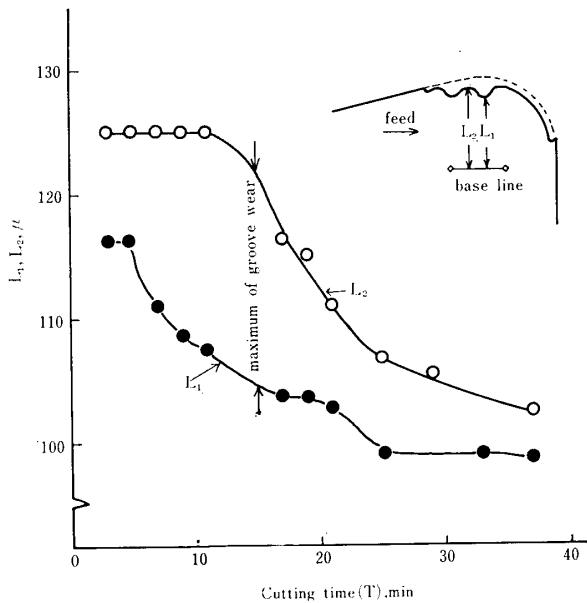


Fig. 6 Development of top and bottom of groove wear with cutting time

いま, Fig. 5 の作図通りに, みぞが進行するとすればみぞ深さの最大値 (G_{max}) を切くず流出角 (θ) の関数として次のようにあらわすことができる.

$$G_{max} \cdot t = r \left\{ \sqrt{2} \cdot \cos \left(\theta - \frac{\pi}{4} \right) - 1 \right\}$$

$$= f \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta$$

$$\theta \leq \frac{\pi}{4} \text{ のとき } r \leq f \cdot \sin \theta$$

$$\theta > \frac{\pi}{4} \text{ のとき } r < f \cdot \cos \theta$$

ただし f は送り, r はみぞ底部の丸みの半径であるきりくず流出角 θ は工具形状および切削条件が決定すればほぼ決定される, 底部丸みの半径 r は切削条件・工具材および被削材により異った値をとるものと考えられ, 通常 $10\mu \sim 40\mu$ 程度である.

4.4 みぞの数とみぞ深さ

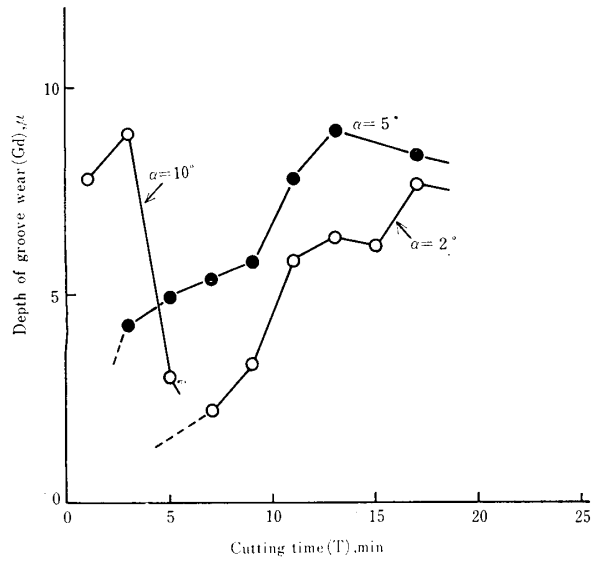
みぞ摩耗の数 (N) は前切刃角, 送り等により影響され, 次式で表わすことができる.

$$N = \left\{ \sqrt{V_B \cdot \tan \beta \cdot (2r_0 - V_B \cdot \tan \beta)} + \left\{ r_0(1 - \cos \alpha) + V_B \cdot \cos \alpha \cdot \tan \beta \right\} / \sin \alpha \right\} / f$$

ただし

N : みぞ摩耗の数, V_B : フランク摩耗巾, β : 前にげ角, α : 前切刃角, r_0 : ノーズ半径: f : 送り

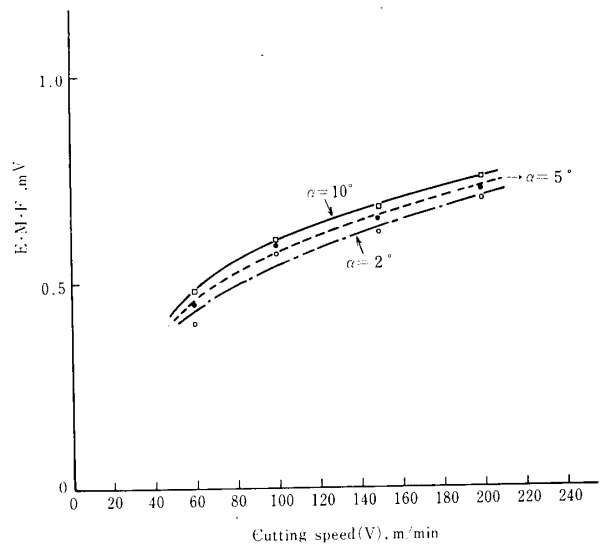
みぞの数とみぞ深さとの関係について調べるため, 前切刃角 α を 2° , 5° , 10° の3種類に変化させた, きりくず流出方向を一定とするため, 横切刃角および



Cutting speed V : 200m/min,
Feed f : 0.05mm/rev
Depth of cut d : 0.2mm

Fig. 7 Influence of end-cutting-edge angle on depth of groove wear

切込みは一定とした. $\alpha = 2^\circ$ の場合で最大10個以上, $\alpha = 5^\circ$ で最大4個, $\alpha = 10^\circ$ で最大2個程度のみぞを生じる. Fig. 7に各 α におけるみぞ深さの違いを示す. これよりみぞ数の少ない方がよりみぞが深いことがわかる, $\alpha = 10^\circ$ は $\alpha = 2^\circ$, $\alpha = 5^\circ$ にくらべ, 工具刃先温度が異なる, すなわち Fig. 8 は工具一被削材熱伝対法により, 超硬工具と S55C との熱起電力を各 α ごとに示したものであり, $\alpha = 2^\circ$ で $V = 200$ m/



Depth of cut d : 0.2mm Feed f : 0.05mm/rev

Fig. 8 Influence of end-cutting-edge angle on E. M. F

min の刃先温度は $\alpha=10^\circ$ のおよそ $V=155\text{m/min}$ に相当するため、みぞの凸部がよりはやく崩壊し、急に深さが減少すると考えられる。また、前切刃角 (α) が小さいと工具と被削材との接触領域が広がり、ついには半径方向の切削力 (背分力) が α の大であるのにくらべ大となるため、工具と被削材間で半径方向のより大きい変位をまねき、みぞ深さがより減少するものと考えられる。

5. 結 言

本研究を通じ以下のことが明らかとなった。

- (1) 前切刃上のみぞ摩耗の切削にともなう変化を明らかにすることができた。すなわちみぞはとくに、切くず流出方向と送りに強く影響され、最大みぞ深さを切くず流出角と送りの関数として表わすことができ、送りの小さいほどまた切くず流出方向が被削材回転軸に近づくほど、最大みぞ深さは小さくなる。
- (2) 仕上面あらさの形成に対し工具前切刃上のみぞ摩耗が強く影響し、その転写が認められる。みぞ深さはあらさ (R_{\max}) の半分程度であるが、切削条件により多少上下する。

- (3) 前切刃角を小さくするとみぞ深さも小となる。
- (4) 小さな前切刃角は大きい場合にくらべ、工具刃先温度が減少するため、より能率的切削が可能である。

終りに、ご指導を賜りました、九州大学工学部佐久間敬三教授に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) H. J. Lambert : C. I. R. P-Annalen. 10, 4, 246.
- 2) C. A. Gieszen : Annals of the C. I. R. P. 18, (1970), 563.
- 3) A. J. Pekelharing and R. A. Schuermann : Werkstatttechnik und Maschinenbau. 45, 2 (1955), 49.
- 4) H. J. Hovinga : Annals of the C. I. R. P. 13, (1965), 5.
- 5) M.C. Shaw and J.A. Crowell : Annals of the C. I. R. P. 13, (1965), 5.
- 6) 佐久間敬三・藤田武男 : 九大工学集報, 45, 5 (1972), 676.
- 7) 奥島啓式・恒野義昭・藤田成良 : 精密機械, 38, 2 (1972), 195.

(昭和48年3月31日受理)