

## 大形円筒形材の正面フライスカッタによる切削

## 新しい正面フライスの開発と加工表面形状

(昭和49年 5月18日 原稿受理)

坂	木	正	史
中	村		平
織	田	憲	児

## On Face Milling for Large Cylindrical Work Piece

## Developing new face milling cutter

by Masafumi SAKAMOTO  
Taira NAKAMURA  
Kenji ODA

To machine the large forged or casted cylindrical workpieces which have the distorted form more productively, new machining method with the face milling cutter have been developed.

In the present paper, the new designed face milling cutter which is used for this machining is developed. Some experiments are carried out using the new developed cutter and compared the profile of the machined surfaces with the theoretical one.

## 1. 緒 言

いびつな形の大形鋳、鍛造品などを、能率よく加工することを目的に開発した本切削法<sup>1)</sup>は、能率を上げるために送りを大きくすると、被削材の円周方向、軸方向の凹凸が大きくなってしまふ。荒削りであってもあまり凹凸が大きいは問題であろう。そこでこの被削材軸方向の凹凸について検討し、凹凸を少なくする新しいカッタを開発した。

本カッタを用いれば凹凸を小さく出来るばかりでなく、大型加工物をより能率よく切削できることがわかつた。

そこでこの考案した新しいカッタを試作し、試作カッタを用いて切削実験を行った。実験で得られた被削材形状からの差を測定して、その違いのできる諸原因を考察し、実験的に検討した。試作したカッタの実用性を確かめるためには、工具の損傷を調べる必要がある。そこで P20 と P10 チップを使用して最適加工条件を選択する為の基礎研究も行った。

その結果表面形状をより小さくする為には、使用する機械、工具の取付剛性を高めることが是非必要であり、又工具材種については、P20 より P10 の方がよく、その摩耗の観察から衝撃に強い工具材種というより、むしろ

耐熱性、耐摩耗性の高い材種の方が、より工具損傷は少なくなることがわかつた。

## 2. 表面形状

## 2.1. 軸方向の凹凸(普通正面フライスの場合)

被削材とカッタの関係位置はいろいろ考えられるが、能率よく切削するには、図1のような位置が良いと考えられる。このときのカッタは被削材の  $l$  点で最も深く切

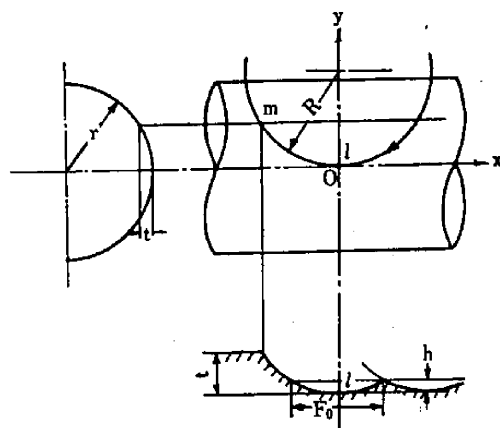


図1 軸方向送りと表面形状

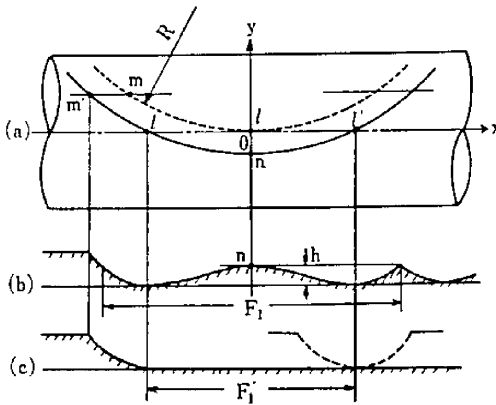


図2 長さ  $\bar{ln}$  刃物による表面形状

込み,  $m$  点で離れる。したがって被削材軸方向の凹凸は, 図1のようにカッタ軸方向送り  $F_0$  で決ってくる。凹凸を  $h$  になるように仕上げるには  $F_0$  を次のように選べば良い。

$$F_0 \approx 2\sqrt{2R\sqrt{h^2 + 2h(r-t)} - 2h(r-t)} \quad (2.1.1)$$

$R$ : カッタ半径,  $r$ : 被削材半径,  $t$ : 切込みである。

$l$  点が図2の  $n$  点にくるようにカッタ位置を選ぶと, カッタは  $l'$  点で最も深く被削材に切込むので, 図2(b)のような形状が得られる。

$n$  点の削り残し高さが  $h$  になるように, 即ち  $\bar{ln} \approx \sqrt{2h(r-t)}$  になるようにカッタをセットすると, (2.1.2) 式のような被削材軸方向送り  $F_1$  となり, 普通の正面フライスを使用した場合に得られる, 最大軸方向送りとなすことができる。

$$F_1 \approx 4\sqrt{R\sqrt{2(r-t)h}} \quad (2.1.2)$$

一方図2の  $\bar{ln}$  を1つの切刃にして切削を行えば, 図2(c)のようになって,  $F_1'$  間の凹凸を完全になくすることができる ( $h=0$ )。したがってこのようなブレードを用いて切削すれば, 表面形状の点からは理想的であるが, 工具の製作, 切削抵抗, 工具損傷等の点から難点があるのではないかと案じられる。

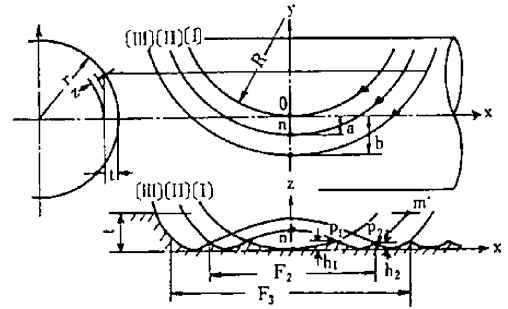


図3 3ケの刃物による表面形状

そこで図3のようにカッタの半径方向に切刃を2個追加して, 合計3ケの切刃で  $\bar{ln}$  の切刃のかわりをさせて, 切削することを試みた。

## 2.2. 新しく開発した正面フライス

図3において切刃〔II〕で削り残した  $n$  点を切刃〔I〕で切削し, 〔III〕の切刃で  $m'$  点を更に切削させると, 凹凸は非常に小さくすることができる。しかも能率を大きくすることが可能である。このようにすれば特殊なブレードを用いなくとも, それと同等の効果が期待できる。

さて,  $x, y, z$  座標を図3のように考えると, 切刃〔I〕〔II〕〔III〕の軌跡は, カッタの回転数に対して, 被削材の回転数が非常に小さいから, 次式のように表される。

$$x^2 + (y-R)^2 = R^2 \quad (2.2.1)$$

$$x^2 + (y-R)^2 = (R+a)^2 \quad (2.2.2)$$

$$x^2 + (y-R)^2 = (R+b)^2 \quad (2.2.3)$$

また, 被削材半径方向に  $z$  軸をとれば (2.2.4) 式が成立する。

$$y^2 + (r-t)^2 = \{z + (r-t)\}^2 \quad (2.2.4)$$

軌跡〔I〕と〔II〕の交点  $P_1(x, y, z)$  は (2.2.1), (2.2.2), (2.2.4) 式から, 〔II〕〔III〕の交点  $P_2$  は (2.2.2), (2.2.3), (2.2.4) 式から求まり次のようになる。

$$P_1, \left[ \sqrt{\frac{2Ra+a^2}{2} - \left(\frac{2Ra+a^2}{4R}\right)^2}, \frac{2Ra+a^2}{4R}, \sqrt{\left(\frac{2Ra+a^2}{4R}\right)^2 + (r-t)^2} - (r-t) \right] \quad (2.2.5)$$

$$P_2, \left[ \sqrt{\frac{a^2+b^2+2R(a+b)}{2} - \left\{ \frac{(b-a)(2R+a+b)}{4R} \right\}^2}, \frac{(b-a)(2R+a+b)}{4R}, \sqrt{\left\{ \frac{(b-a)(2R+a+b)}{4R} \right\}^2 + (r-t)^2} - (r-t) \right] \quad (2.2.6)$$

軸方向の凹凸が  $h$  になるためには (2.2.5) の  $z$  軸座標が

$$h = \sqrt{\left(\frac{2Ra+a^2}{4R}\right)^2 + (r-t)^2} - (r-t)$$

であればよい。このときの  $a$  を求めると、次式が求まる。

$$a = R \left\{ \sqrt{1 + \frac{4}{R} \sqrt{h^2 + 2(r-t)h} - 1} \right\} \quad (2.2.7)$$

同様に図3において  $h=h_1=h_2$  になるように  $b$  を決定すると、次式のようになる。

$$b = \sqrt{R^2 + 2a^2 + 4Ra} - R \quad (2.2.8)$$

この  $a, b$  になるように3枚のブレードを、カット半径方向にセットして切削すればよい。このときの最大被削材軸方向送り  $F_3$  は次式のようになる。

$$F_3 = 2\sqrt{(R+b)^2 - \left(\frac{2Ra+a^2}{4R} - R\right)^2}$$

$$\approx 2\sqrt{R(2b+a)} \quad (2.2.9)$$

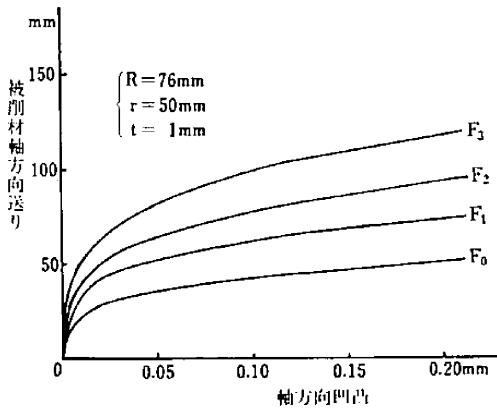


図4 新型カッタによる送りの比較

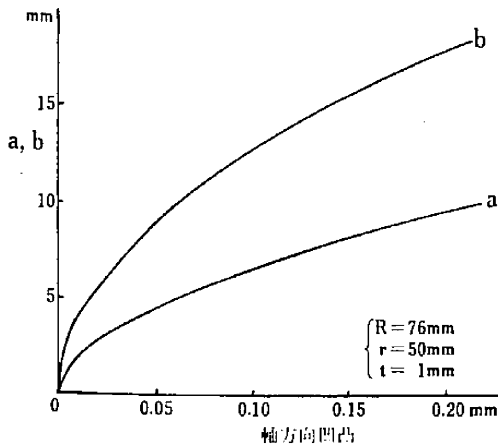


図5 刃物の位置と表面凹凸

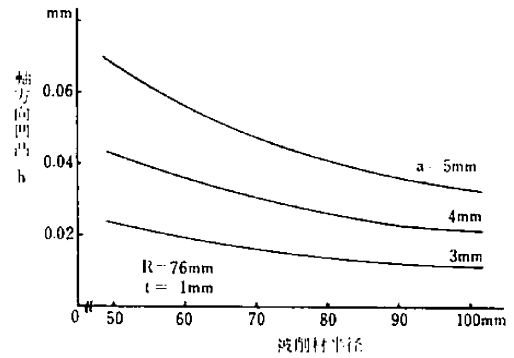


図6 被削材半径と表面形状

なお、この場合同一半径上に並べた切削が2枚であっても、一枚の時より効果はかなり大きい。このときの送り  $F_2$  は次式で表わされる。

$$F_2 \approx 2\sqrt{3Ra} \quad (2.2.10)$$

ここで、 $R=76\text{ mm}$ 、 $r=50\text{ mm}$ 、 $t=1\text{ mm}$  として、軸方向送りを計算したものが図4で、このときの  $a, b$  が図5である。図で  $F_3$  と  $F_1$  とを比較すると、約6割  $F_3$  が大きいことがわかる。即ちこれだけ新開発の正面フライスカッタの能率が向上したわけである。また本切削法は被削材径が大きいものほど  $h$  は低くなり有利である。例えば図6のように被削材をかえて  $h$  を計算してみると、径の増加につれて凹凸が小さくなり、大径の加工物ほど能率よく加工ができることがわかる。

### 2.3. 新しいカッタによる円周方向表面形状

軸方向形状を小さくして行くと、次第に円周方向表面あらさも問題になると考えられる。従って加工能率を下げずにこの表面あらさもできるだけ小さくしたい。そこでまずこのあらさはどの程度であるかを求めてみた。

図7のように被削材半径を  $r$ 、一刃当りの送りを  $f$ 、切込みを  $t$ 、 $\angle AOE = \alpha$  とし、円周方向表面凹凸を  $H$  とすれば、

$$H = \overline{AB} = \overline{OB} - \overline{OA} = \overline{OB} - (r-t) \quad (2.3.1)$$

$\triangle OEB$  において、

$$\overline{OB}^2 = \overline{OE}^2 + \overline{EB}^2 = (r-t)^2 + \overline{EB}^2 \quad (2.3.2)$$

又  $\triangle OBE$  において、

$$\overline{EB} = \overline{OE} \tan \alpha = (r-t) \frac{2 \frac{f}{2\sqrt{(r-t)^2 - f^2/4}}}{1 - \frac{f^2}{4((r-t)^2 - f^2/4)}} \approx f \quad (2.3.3)$$

この3式より円周方向表面凹凸  $H$  は次のようになる。

$$H \approx \sqrt{(r-t)^2 + f^2} - (r-t) \quad (2.3.4)$$

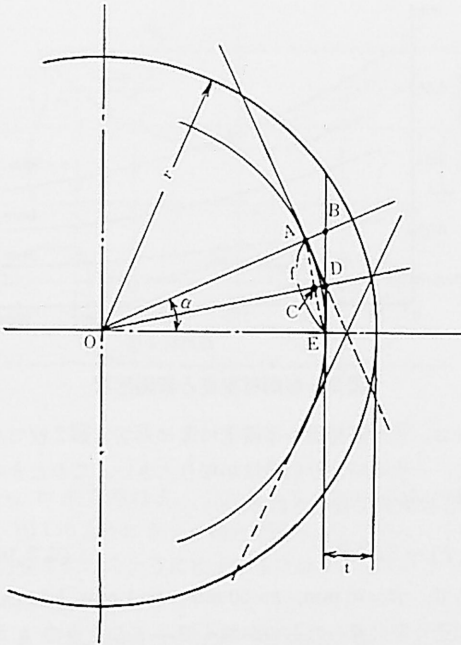


図7 一刃当り送りと円周方向あらし

$f$  は  $(r-t)$  に比べて充分小さいから、(2.3.4) 式は次のようにかける。

$$H \approx \frac{1}{2} \frac{f^2}{(r-t)} \quad (2.3.5)$$

ここで  $r=45 \text{ mm}$ ,  $f=0.4 \text{ mm/rev}$ ,  $t=1.0 \text{ mm}$  として具体的に  $H$  を計算してみると、円周方向凹凸  $H$  は、 $H=0.0018 \text{ mm}=18 \mu$  となる。この値は軸方向形状に比べて非常に小さいことがわかる。

本研究の目的は大形鋳、鍛造品の切削を目的としているから、実際の加工では  $r=45 \text{ mm}$  よりかなり大きいと考えて良い、したがって円周方向表面形状のみからいえば、もっと  $f$  を大きく送ってもよいので、より能率をあげることが可能であろう。

### 3. 実験法と実験装置

写真1は本研究に用いた切削装置、写真2は試作したカッタである。切削装置は試作したカッタヘッドを大形の旋盤にとりつけたもので、カッタ回転数は  $700 \sim 180 \text{ rpm}$ 、被削材回転数  $20 \sim 0 \text{ rpm}$ 、カッタの被削材軸方向送りは  $100 \text{ mm/min} \sim 10 \text{ mm/min}$  の間自由に選ぶことができる。

試作したカッタは製作を容易にするために、旋削用のクランプ形バイトを短く切って、半径方向に少しずつずらして配置した(写真2)。3個1組のバイトを  $120^\circ$  ずつずらして配置しているが、これは使用した切削装置

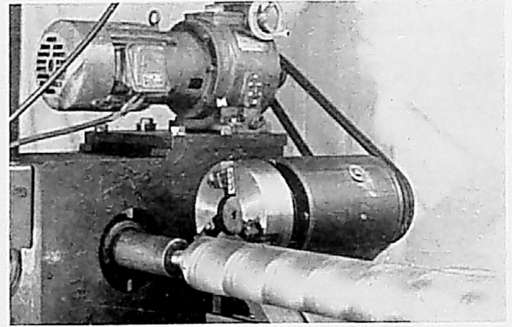


写真1 切削装置

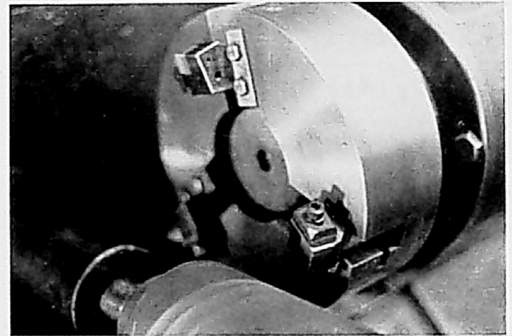


写真2 試作したカッタ

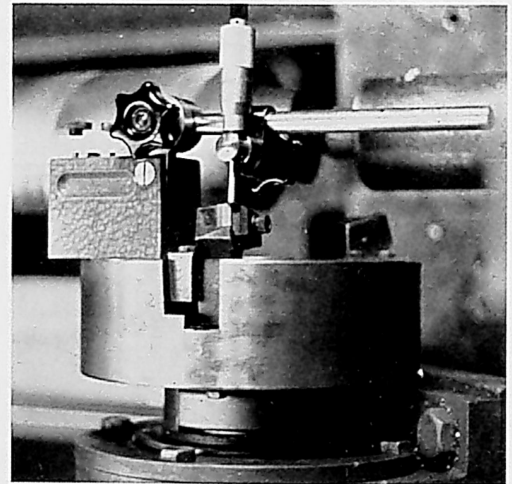


写真3 切刃高さの測定

の動力が不足したため、本来は同一半径上あるいはほぼその近くに3個並べるべきものである。切刃の位置はカッタボディの外周端面を基準にしてセットねじで調節できるようにしたので、比較的容易に各切刃の出入りを  $1/100 \text{ mm}$  程度におさめることができた。写真3は切刃の出入りを測定している様子を示したものである。使用した切刃は3本共同形状のインサート形チップで、

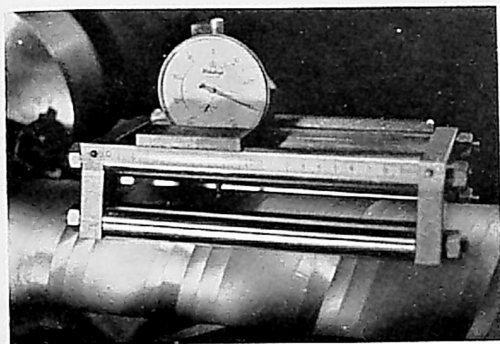


写真4 軸方向凹凸測定器

ホルダにとりつけたときの形状は ( $15^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $-6^\circ$ ,  $-5^\circ$ ,  $6^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $0.8\text{ mm}$ ) である。カッタボディは径  $190\text{ mm}$  で、これにバイトホルダをくさびで締付けてある。

写真4は削られた被削材の形状を調べるために試作した測定器である。加工した円筒面にまたいでのせ、その接触線を基準に仕上面の凹凸を測定することができる。この測定器の検定には正しく研削したマンドレルを使用した。

実験を容易にするために、実際よりも大きな凹凸の場合について実験を行い、理論形状と比較した。実験条件は切削速度  $190\text{ m/min}$ 、一刃当りの送り  $0.4\text{ mm/tooth}$ 、軸方向の送りは  $9.453\text{ mm/rev}$ 、被削材は  $90 \times 1000\text{ mm}$  の連続铸造鋳物、バイトは超硬工具 P20 で四角チップを使用した。

#### 4. 実際の表面形状

図8(a)は実際に切削した後の被切削材表面形状を測定した一例である。図8(b)は同じ切削条件の下での理論表面形状である。これを見れば解るように、実際の切削表面では図の右側、即ち切刃が被削材に切り込み始め

る側の方が大きく切込まれており、この傾向は最小径の切刃による切削表面形状に於いて最も顕著である。食付き始めが深く切込まれた原因は、切刃が被削材に接触したときに切削抗抵で、被削材と切刃が互に水平方向に逃げた為であると思われる。また中径、最大径の切刃による切削表面形状では切込み始め側は、一度最大径の切刃で切削された後を切削するために、実際の切込み量が切り終り側に比して小さく、従って切削抵抗も幾分小さくなり、切削中にカッタが逃げにくいと考えられる。これも切込み始め側が深く切込まれる理由の一つではないかと思われる。

図8(a)と(b)を比べてみると、図に於ける長さ  $x_1$  は実際の表面形状の方が長く、逆に  $x_2, x_3$  は短くなっている。これは最小径切刃による切込みが最も深くなっているためであろう。

図9は被削材軸方向凹凸と被削材直径との関係を示すものである。なお図に於いて S53C 材は切込みが  $0.6\text{ mm}$  と鋳鉄の  $1.0\text{ mm}$  より小さいが、切込みは理論表面凹凸に及ばず響影が極めて小さいので同時に示してある。図をみると多少のばらつきはあるが、被削材径が小さくなるに従って、凹凸が大きくなる傾向がはっきり表われている。実際の表面凹凸量は理論値の約  $1.7 \sim 1.8$  倍で、この割合は径の大小にはほとんど関係なくほぼ一定である。また鋼 (S53C) の表面凹凸量が鋳鉄の値よりも若干小さくなっているが、これは被削材の材質的な相違によるものであろう。即ち鋼の縦弾性係数が鋳鉄のその約2倍である為、たわみにくく、従って表面凹凸もわずかに小さくなったのではないだろうか。

実際の表面凹凸に影響を及ぼすと考えられる要素は沢山あるが、これ等の中代表的なものについて検討を加えた。例えば、カッタの傾き、切刃高さの不揃い、カッタのたわみと被削材のたわみ、チャック及びセンタにおけ

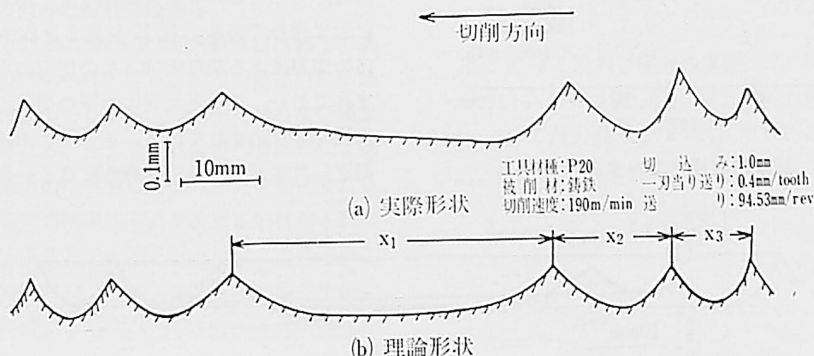


図8 被削材軸方向凹凸の比較

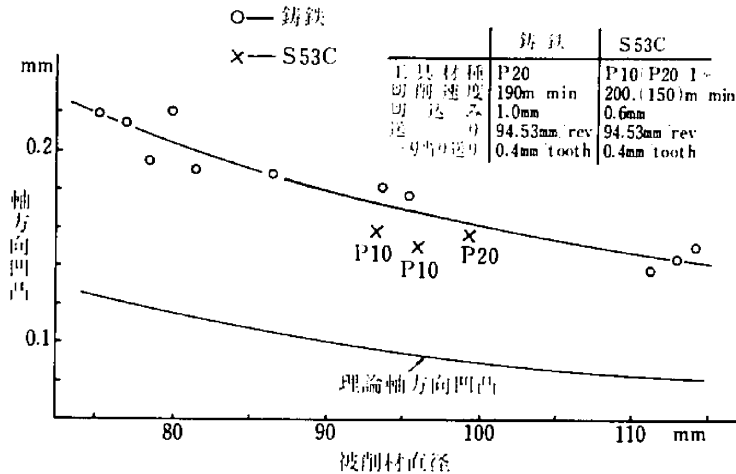


図9 理論軸方向凹凸と被削材の凹凸

る剛性、振止めの作用、ガイドの狂い、等である。以下これ等について考察してみることにする。

4.1. カッタの傾き

図10は被削材の直径とカッタの傾きの関係を示したものである。傾きは切削後の表面形状から求めたものであり、次のようにして求めた。図11において、(1)は表面凹凸の中最も高い2点を結んだ線で、(2)、(3)、(4)はそれぞれ最大径、中径の切刃による切削表面の谷

と谷を結んだ線、及び最小径切刃による切削表面の谷底接線である。(1)に対する(2)、(3)、(4)の3ヶの線の傾きを求め、それらを平均したものをカッタの傾きとして示している。図10の結果からすると、被削材直径が大きい程カッタの傾きも大きいということになる。この原因を正確に把握するには、3ヶの切刃の切削力の変化をはっきりと測定する必要があると思われる。

4.2. 切刃高さの不揃い

3ヶの切刃の高さの不揃いは、直接被削材表面凹凸に影響すると考えられるので、今回の実験では写真3のようにマグネットスタンドにラチェットの付いたマイクロメータを取付け、注意深く切刃の出具合をチェックしながら調整を行った。この際マグネットスタンドの固定の仕方によって、測定値に10μ程度の差が生じるので、数回測定し、それ等の平均値を出しながら調整を行って、3ヶの切刃の出方の差が20μ内に納まるようにセットした。図12は切削された後の被削材表面形状である。そしてこの実験後に測定した切刃の出具合は表1に示す通りである。図12を見るとわかるように、最小径の切刃による切削面は3ヶの切刃のうち最も深く切込まれており、これと反対に中径の切刃による切削面は一番浅く切り込まれている。そしてこの結果は、切削後に測定した切刃の出具合と非常に良く一致している。ただ

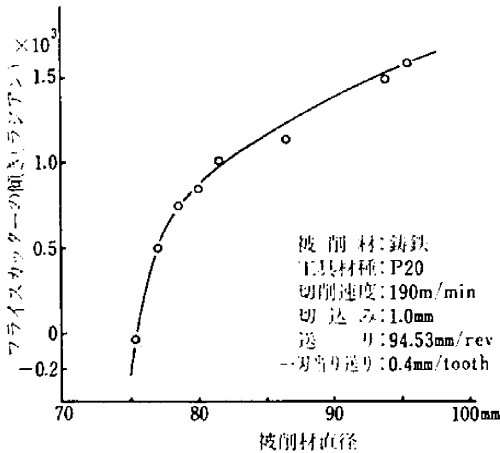


図10 被削材直径とカッタの傾き

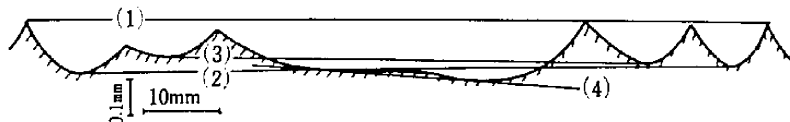


図11 カッタの傾きの表し方

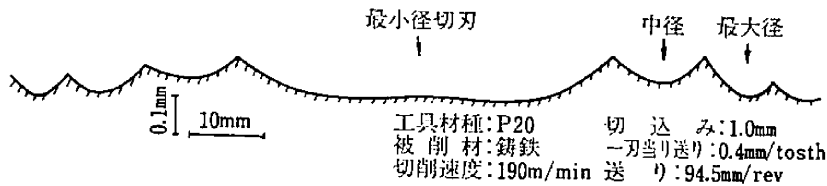


図12 切削した表面形状

表一 切刃高さの測定値

切刃の名称	フライス端面よりの刃の出方 (mm)	差 (mm)
最大径の切刃	4.261	$\frac{15}{1000}$ $\frac{28}{1000}$ $\frac{13}{1000}$
中径の切刃	4.246	
最小径の切刃	4.274	

\* 刃の出方は基準高さからの読み

切刃の出方の差と表面形状の凹凸による差を絶対値で比較すると、例えば、最小径と中径の切刃の出方の差が  $28\mu$  であるのに対し、表面凹凸の差は約  $50\mu$  であり、前者の約 1.8 倍となっている。そしてこの比は、丁度表面凹凸の理論値の実際値との比にほぼ等しい。これも被削材及びフライスの相互逃げの影響によるものと思われる。

次にここで気付くことは、切削後に測定した切刃の出方の差が切削前にセットしたはずの  $10\sim 20\mu$  の値よりも、わずか大きくなっていることである。この原因としては、切削中に切刃が切削力の為移動したか、または切刃先端が摩耗したことが考えられるが、切削後の顕微鏡での観察からすると、後者の影響はほとんどないものと思われる。以上より切刃の用具合に関しては、表面形状への影響が非常に大きいので、切削前に充分注意して調整を行い、切刃の取付装置は頑丈で、切削中に動かない構造にする必要がある。

#### 4.3. カッタの撓みと被削材の撓み

切削中は切削力の為にカッタ及び被削材は相互に撓み、これが切刃の“すべり”即ち、切刃が被削材に切込まないで、被削材表面をこする、切削を行わない現象を生ずると考えられる。そしてこれは当然表面形状に影響し、被削材表面の凹凸模様にはける非対称性をもたらすであろう。そこで切削中にカッタ及び被削材がどれだけ撓んでいるかをみる為に、撓み量と引張力との関係を調べ、また被削材については、両端を固定した場合における被削材の撓みに近似して計算を行なった。図13は前者の関係を示すグラフである。カッタの左右にワイヤを結び付けて均等に力を加えた。この切削法における切削

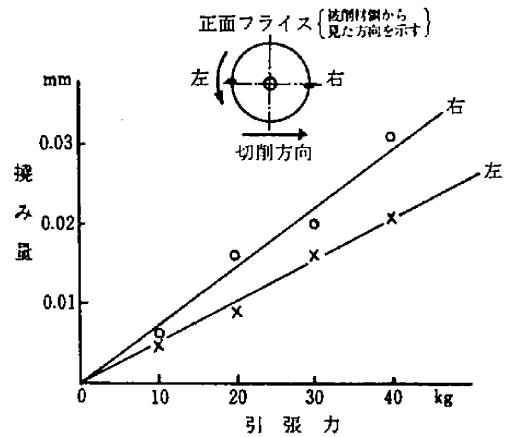


図13 カッタの撓み量

力の水平方向力は  $20\sim 30\text{ kg}$  であることが測定<sup>2)</sup>されているが、このグラフからその力に相当するカッタの撓み量を読みとると、約  $10\sim 20\mu$  程度である事がわかる。従って切削中には、カッタヘッドのフライス部分がこれ等の値だけ傾いていることがわかる。これが表面形状を悪くしている考えられる。

一方被削材の傾きを計算するために、被削材は単純に両端で支持されているとする。そのようにすると、センター側から  $x$  の距離に力  $p$  が加わった時、その点に於ける被削材のたわみ  $\delta x$  は次式で表わされる。

$$\delta x = \frac{p}{3EI} \frac{(l-x)^2 \cdot x^2}{l} \quad (4.3.1)$$

ここで  $E$ : 材料の縦弾性係数,  $I$ : 材料の断面二次モーメント,  $l$ : 材料の長さ,  $d$ : 材料の直径である。被削材において最大撓みは  $x = \frac{l}{2}$  でおこるので、この時の  $\delta_{\max}$  は、

$$\delta_{\max} = \frac{pl^3}{48EI}, \quad \left( l = \frac{\pi d^4}{64} \right)$$

から

$$\delta_{\max} = \frac{4pl^3}{3E\pi d^4} \quad (4.3.2)$$

ここで今回の実験で使用した材料の寸法のうち代表値を

とて、 $d=90\text{ mm}$ 、 $l=1000\text{ mm}$ とし、切削力測定で得られた水平方向切削力  $P=25\text{ kg}$ 、鋳鉄の縦弾性係数を  $E_c=1.0\times 10^4\text{ kg/mm}^2$  とすれば、 $\delta_{\max}$  は、

$$\delta_{\text{cast}} = 1.62 \times 10^{-2} \text{ mm} = 16.2 \mu$$

鋼の場合、 $E_s=2.2\times 10^4\text{ kg/mm}^2$  であるから、 $\delta_{\max}$  は、

$$\delta_{\text{steel}} = 0.74 \times 10^{-2} \text{ mm} = 7.4 \mu$$

となる。これは非常に小さい値であるから、この値によって形状がより悪くなることは考えられない。従って材料を単純に両端支持と考えたこと以上に、別の変位が加わっていると考えられる。

#### 4.4. チャック及びセンターに於ける剛性

4.3で被削材自体の撓みについて考えたが、それを支えている両端の固定部分、即ち心押台スリーブとチャックにおける剛性も、当然切削された後の表面凹凸に関係するものと思われる。この両端の剛性が小さければ、被削材は切削力の為に切刃から遠ざかるであろうし、これはまた、被削材自身の撓みやカッタ自身の撓みによる影響と相互にからみあって、表面形状に関係してくるであろう。そこでこれ等の相互関係をごく単純に考えてみた。 $J_1$ : フライスヘッドの剛性、 $J_2$ : センター側の剛性、 $J_3$ : チャック側の剛性、 $P$ : 切削力、 $l$ : 被削材長さ、とし、一応被削材自身の撓みは無視して考える。

センター側から被削材に沿って  $x$  座標をとれば、 $x$  点に於ける被削材の変位  $\Delta x$  は次式で表わされる。

$$\Delta x = P \left[ \frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} \left( \frac{l-x}{l} \right)^2 + \frac{1}{J_3} \left( \frac{x}{l} \right)^2 \right] \quad (4.4.1)$$

又図14は被削材にワイヤを巻きつけて、カッタと反対側に引張った時の引張力と被削材の移動量の関係を示す。この図からわかるように、センター側に比してチャック側の剛性ははるかに高いことがわかる。そこで

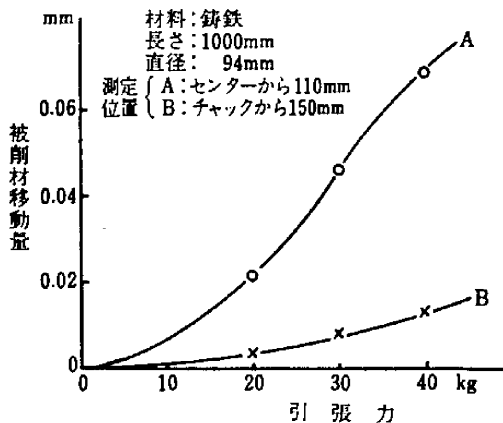


図14 被削材の変位量

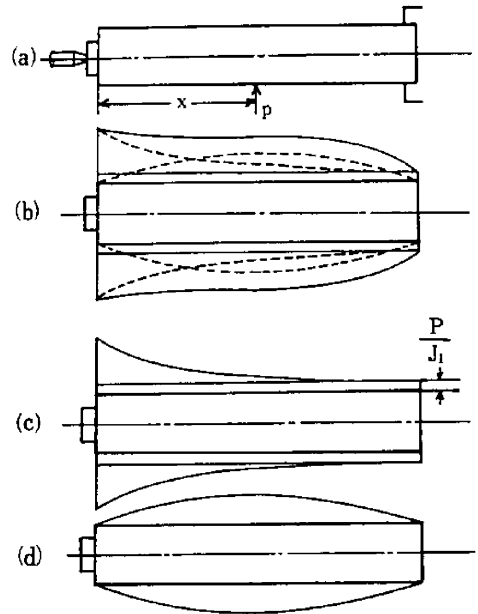


図15 被削材両端の剛性と被削材形状

$J_3 \gg J_2$  と考えれば (4.4.1) 式は、

$$\Delta x = P \left[ \frac{1}{J_1} + \frac{1}{J_2} \left( \frac{l-x}{l} \right)^2 \right] \quad (4.4.2)$$

と書ける。これを図示したのが図15(c)である。これに4.3で求めた材料の撓みを重ね合せると、(b)図の実線で示したような形状となる。なお(4.4.1)式では簡単にする為、 $P$ を一定として取扱ったが、実際には時間の関数であり、図15(b)は細かく見ると波目状の凹凸が連なっているはずである。さて、この(b)図から判断すると、大まかにいってセンター側の径が大きく、チャック側の径が小さくなる傾向が見られるが、実際に切削された表面もほぼこれと同様の結果を示した。もちろんこの変化の程度は被削材の材質や、直径によって多少変化するはずであるが、本実験においては、鋳物材で径が80 mm、長さ約1 mの場合両端で0.2 mm程度の直径差が測定された。この傾向を除去するには、センタの剛性を大にするのも効果的な方法であろうが、これが容易でない場合は、切削前にセンタ側をその撓み量だけ見込んで、逆にカッタ側に近づけておくのも一方法だと思われる。即ちこうす事によって生ずる直径の変化と、図15(b)における直径の変化が互いに補償し合って、被削材のテーパ量が少なくなると期待できる。なおセンタ及びチャックの被削材取付け部に関しては、それ等における剛性の他にチャックで被削材をつかむ時に生ずる被削材の偏心誤差や、センタや被削材のセンタ穴の狂いによる偏心も加わって、表面形状に影響を及ぼすが、注意す



ればこれは相当小さくおさえることができる。特に被削材が毎分1~2回転する程度であるから、回転センタを使う必要がなく、より形状を良くすることが可能である。しかし本実験ではセンタ側が弱く、その剛性を高めることが困難であった。

4.5. 振止めの作用

被削材の撓み及び逃げを少なくする為に、連続切削と同様な振止めを試作し取付けた。この装置の影響はかなり明確に表われて、被削材径 88 mm の鋳物材において振止めを使用しない時、振れが 0.07 mm 程あったものが、振止めを使用すると、0.02 mm 程度に改善された。しかしこの振止めがねじで締付ける方法を用いたので、これ以上振れを小さくすることはできなかった。今後この振止めを改良して行く必要があると思う。

4.6. ガイドの狂い

本実験で使用した旋盤は相当古いため、ベッドの真直度が場所によって相当悪くなっていることが考えられる。そこで往復台の進行側と後側にダイヤルゲージを取付け、ベッドとの間の変位を測定した。進行側で 25 μ、後側で 60 μ の変位が生じていることがわかった。これが往復台を複雑に運動させているものと考えられる。例えば水平方向の切削力が 25 kg 程度あるので、この力が往復台にかかると、当然水平方向に逃げを生じ、直接表面形状を悪くする原因になる。故により形状を正しく小さくするには精度の高い、より剛性の高い旋盤を使う必要があると考える。

5. 試作したカッタの工具損傷

本切削法における工具の摩耗及び損傷を調べる為、超硬の切削刃を用いて約1時間切削してみた。工具材種は住友製イゲタロイの P20, P10 である。被削材は S53C 材を使用した。図 16 はその時の切削摩耗のスケッチである。工具摩耗はさらえ刃と主切削刃の  $V_B$  を測定し、クレータ摩耗は主にクラックを観察した。P20 の工具逃げ面摩耗は図 17 に示す通り、さらえ刃の摩耗幅が主切削刃のそれよりほぼ倍多く測定された。しかし外、中、内径の3ヶのバイト摩耗は図に示す通りほぼ重なっている。従ってこの切削条件では、3ヶのバイトを同一材種にしてもよいであろうし、又その結果様な表面形状を長く持続することが出来ると思われる。この時の切削刃の摩耗を観察すると、クレータ摩耗は少く、わずかにすくい面にクラックがみえる程度である。しかしノーズの損傷が少々多いので、P20 より高速切削に適する P10 を使って、その摩耗を調べてみた。その時の工具摩耗を示したのが図 18 である。P10 を使うと P20 より摩耗

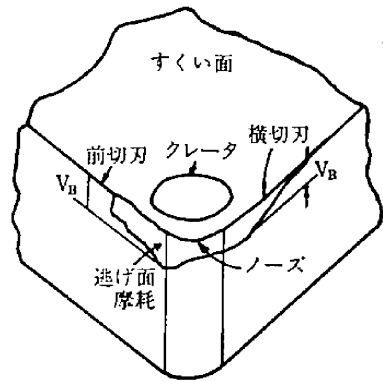


図 16 工具摩耗形状

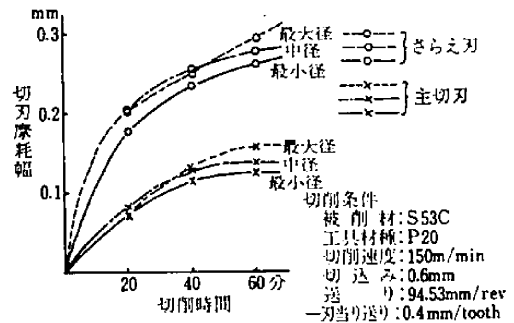


図 17 P20 工具逃げ面摩耗

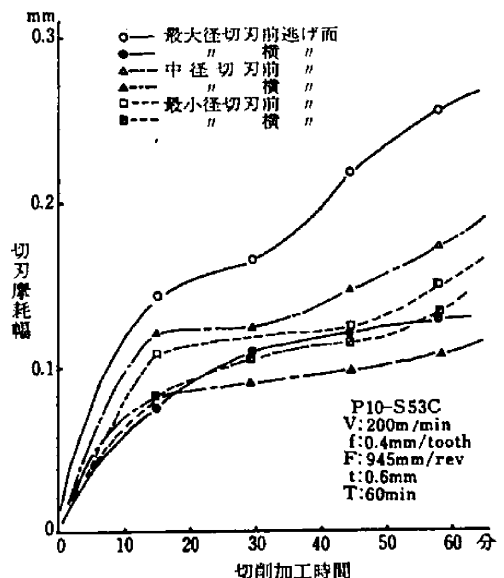


図 18 P10 工具逃げ面摩耗

の絶対値を小さくできることがわかる。3ヶのチップのうち損傷の最も大きいのは最大径の前切刃摩耗である。これを少なくするためにはより耐熱性、耐摩耗性の大きな工具材種をこの切刃に選ぶ必要がある。摩耗の観察では P20 より P10 は最外径切刃におけるクラックが明瞭になった。しかしかけは起していないところから、P20 より多く切削が可能であると思われる。

## 6. む す び

いびつな円筒形大形素材を能率よく切削するために開発した本切削法をさらに発展させるために新しく円筒形材切削用の正面フライスを開発した。

この新しいカッタによって切削したときの仕上面形状の最大送り量について計算し、どのような加工条件で切削するのが最適かを示した。

またこのカッタを試作して実験を行い、理論的形状との差異を検討した。そして形状誤差を生じさせる因子について考察と実験を行い、その対策を示した。そしてその対策にしたがって加工すれば、理論的形状に近い形状が得られることがわかった。

この新しく開発したカッタを用いれば、従来の正面フライスを用いた場合の2.4倍の能率で切削できる。

またこのカッタの工具損傷についても調べ、欠けも起らず摩耗も非常に少ないことを確認した。

## 文 献

- 1) 坂本・中村, 九工大研究報告, 21 (昭45—6), 65.
- 2) 黒瀬・末安, 九工大機械工学科卒業論文, (昭47—3), 51.