621.923.1.015 : 621.921

と粒切れ刃の形状ならびに分布が研削仕上面あらさに及ぼす影響*

小 野 浩 二**

Influences of Grit Profile and Grit Distribution
on Ground Surface Roughness

by Kōji Ono

The mechanism of generation of ground surface roughness is discussed analytically, when the grit profile curve and the grit distribution of the grinding wheel are generally given by arbitrary continuous functions.

And the theoretical formulas of some characteristics of ground surface—maximum valley height of surface roughness, height distribution of scratches, mean width of scratch and ultimate roughness, which is obtained, when, for example, the work speed is zero—are introduced.

Then, if the functions of grit profile and distribution are both represented by a power function, these formulas are able to be calculated easily. From the result, the influences of grit profile and grit distribution on the ground surface are clarified.

1. 緒 言

研削加工によって仕上げられた表面あらさはといし表面中の多くのと粒切れ刃による おうとつ——いわばといし面のあらさ——が転写されたものと考えられるから、研削仕上面あらさにはといし表面状態の影響が大きいことは明らかである。

研削といしの表面状態を規定するものは、と粒切れ刃の形状ならびに切れ刃の分布である。すなわち工作物が切れ刃の形状どおりに削られるとすれば、個々の研削きずの形状は切れ刃の輪郭形状に一致するものであり、またといし内の切れ刃の位置は仕面上の研削きずの位置を規定することになるから、といし内における切れ刃の分布状態が問題となる。しかもこのような切れ刃の形状ならびに切れ刃の分布は、たとえ同一といしであってもけっして一定ではなく、ドレッシング条件によって種々な差異を生じ、また研削時間の経過（研削量の増加）にともない切れ刃の破碎や摩滅などの損耗によりさまざまに変化してゆくものである。したがって仕上面あらさもドレッシング条件に影響されるばかりでなく、研削時間によっても刻々変化するわけである。

そこでと粒切れ刃の形状ならびに分布が変化した場合、仕上面のあらさがどのように変化するものである

かを明らかにしておくことは、単に研削仕上面のあらさを予知するために必要であるのみならず、あらさの変化を実測することから逆に研削作用を推定することも可能となるであろう。

この論文は研削仕上面の幾何学的生成機構を論ずることにより、と粒切れ刃の形状ならびに切れ刃の分布が任意の関数形としてあらわされたとした場合のあらさに関する諸量を理論的に解析し、その関係式を求めたものである。

2. と粒切れ刃の形状ならびに
といし内における切れ刃の分布

と粒切れ刃の形状に関しては従来簡単化された種々なモデルが考えられ利用されて来た。すなわち最も単純には円すい形であるとし、またある場合には球であるとして取扱っている。それぞれの場合その切れ刃の輪郭形状は三角形および円弧となるわけである。また小林は切れ刃の先端部にはある程度の丸みを持つ円すい形のものが実際には最も多いとし、と粒切込みの小さな場合には球による切削、切込みが大きくなると円すいによる切削に近づくといっている⁽¹⁾。

そこでここではと粒切れ刃の輪郭形状は一般に左右対称形であるとし、つぎのようにあらわされるものとする。

$$z = g(y) \dots\dots\dots (1)$$

ここに z は第 1 図に示すようにといし切込方向の深さ、 y は切れ刃の中心線から輪郭までの距離であり、

* 昭和 38 年 11 月 1 日 第 41 期東京秋期講演大会において論文講演として講演、原稿受付 昭和 38 年 7 月 10 日。

** 正員、防衛大学校（横須賀市小原台）。

絶対値をとるものとする。また g は任意の連続関数をあらわす記号である。

つぎに切れ刃の分布に関しては、普通各切れ刃はといし円周面上において高低なしに平面的分布しているものと仮定されており、多くの研削理論もこの仮定の上に組立てられてきた。そして研削仕上面のあらさについてもこの立場から二、三の理論⁽²⁾⁽³⁾が発表されている。しかし実際にはといし表面上の切れ刃先端はといし半径方向にいくらかの高低があり、不ぞろいである。しかも研削仕上面のあらさは通常 $1\sim 10\mu$ 程度であり、これに比べて切れ刃の不ぞろいはけっして無視できる程度のものではない。したがって研削仕上面のあらさを問題とする限りにおいては、といし表面における切れ刃先端の高さの不ぞろい、すなわち切れ刃の立体的分布を考慮に入れる必要がある。

このような立場から研削仕上面のあらさを論じたものに著者および織岡の研究がある。

著者はと粒切れ刃はといし内部において一様に均等分布をするものとして研削仕上面の各種あらさを求め⁽⁴⁾、織岡はといし内部にはいるほど切れ刃の分布密度が大きくなるような放物線分布をなすものとして統計的計算を行ない、研削仕上面の二乗平均根あらさをあらわす式を導いている⁽⁵⁾。切れ刃がといし内部において均等分布をしているか、放物線分布をしているか、それとも他の分布をしているかは前述のようにといしの種類、ドレッシング条件および研削時間などによっていろいろ変わってくるであろう。

そこで一般にといし半径に垂直な単位面積について、切れ刃はつぎのような分布をしているものとする。

$$dN=f(x)dx \dots\dots\dots(2)$$

ここに dN はといし表面から半径方向の深さ x と

第1図 切れ刃の輪郭

第2図 といし表面における切れ刃の分布

$x+dx$ の間に存在する切れ刃数、 $f(x)$ は x の任意連続関数をあらわすものである。以上のような切れ刃の形状と分布をあわせ図示したのが第2図であり、といし半径に垂直な面上においては切れ刃は一様に分布しているものとする。

3. 最大谷底高さ

簡単のためにといし軸方向の送りを与えないプランジ研削において、仕上面の生成過程を考える。この際といしや工作物には振動はなく、工作物は切れ刃の形状どおりに削られるものと仮定し、研削きず両側におけるもり上がりなどは考えないことにする。

さて第3図において工作物中の任意の軸断面 ACO' (AC =切込深さ: t) における仕上面を問題とすれば、 AC 部は同図に示す位置においてといし最外円周面上の切れ刃 A によって削られ始め、 AC 部がといしと工作物の中心線上まで回転して DE 位置に来たとき、その最も低い位置 C がといし最外円周面上の切れ刃 B によって削られるものとする。つぎに AC 部が研削されてしまった後のあらさプロファイルを同図右側に示すようなものとする。このプロファイル中に存在する任意の研削きずを問題とし、この研削きずの頂点(谷底)を Y' とし、最低基準線からの高さを h_v とする。なおここでは説明の便宜上、切れ刃先端は円すい形であり研削きずは三角形状として図示してあるが、切れ刃形状が任意の一般の形であっても以下説明する考え方は変りない。

まずこのような谷底高さ h_v の研削きずを作成した切れ刃は、といし内のどの位置にあるかを求める。そこで一般に切れ刃の座標位置を、といしの回転中心 O を極とし、といし半径 OB を原線とする極座標 (ρ, θ) であらわすとすれば、谷底高さ h_v と切れ刃の座標との関係はといしおよび工作物の相対運動機構から次式のよ

第3図 研削仕上面の生成機構

うに求められる⁽⁴⁾.

$$h_v = R - \rho + (GR)^2 \theta^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

ただし R はといしの半径であり G は

$$G = \left(1 \pm \frac{v}{V}\right)^{-1} \frac{v}{V} \sqrt{\frac{1}{D} \pm \frac{1}{d}} \\ \doteq \frac{v}{V} \sqrt{\frac{1}{D} \pm \frac{1}{d}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

であらわされるもので、 V および v はといしおよび工作物の速度、 D および d はといしおよび工作物の直径である。なお (3) 式を導く計算に当たるといし切込深さ t はといしならびに工作物の半径に比べて無視しうるものとして行なっている。

(3) 式によって谷底高さが h_v となる切れ刃の位置が判明したので、これを第 3 図中に示せば曲線 $PYFQ$ となり ($\overline{FB} = h_v$)、研削きず Y' を削った切れ刃の先端は、この曲線上のいずれかの点 (たとえば点 Y) に存在することになる。研削きず Y' が研削過程において他の切れ刃によって切削除去されることなく最後まで仕上面に残存し得たということは、第 3 図の仕上面プロファイルにおいて、この研削きず谷底点 Y' を頂点とする高さ h_v なる二等辺三角形 $Y'MN$ の部分を通して切削するような他の切れ刃が存在しなかったということである。 $\triangle Y'MN$ の部分を通して切削すべきといしの部分は明らかに谷底高さ h_v を与えるような曲線 $PYFQ$ にそってその外側にあり、かつ中央断面が $\triangle Y'MN$ であるようなといしの細長い立体となる。したがってこの立体の中には切れ刃は 1 個も存在しないことになる。切れ刃の形状が一般に (1) 式であらわされる場合には、第 4 図のように切れ刃の輪郭曲

第 4 図

第 5 図

線を y 軸について反転して得られるハッチングした面積 (これを $\triangle Y'MN$ あらわすことにする) がその立体の中央断面の形状となる。

そこでつぎに上述のようなといしの内部の立体の中に存在する切れ刃数 N' を計算する。それには第 5 図のように、まず考えている谷底高さ h_v よりも小さい任意の切削高さ h を与えるような曲線

$$\rho = R - h + (GR)^2 \theta^2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

を考え (同図の曲線 $P'F'Q'$ であるとする)、これと高さ h の部分における $\triangle Y'MN$ 内の幅 b によってきまる曲面上の微小厚さ dh の部分にある切れ刃の数を求めておき、つぎに高さ h について 0 から h_v まで積分すればよい。ところが曲線 $P'F'Q'$ は一般にはといし表面から同一の距離にはないのであるから、微小厚さ dh をよぎりといし表面からの深さ x なる部分における微小深さ dx によってきまる微小立体 [その体積は同図において $(a \times b)$ となる] 中の切れ刃数を求め、これを二重積分すればよいことになる。

高さ h によってきまる幅 b は第 5 図から容易に

$$b = 2g^{-1}(h_v - h) \quad \dots\dots\dots (6)$$

で与えられることがわかる。ここに g^{-1} は g の逆関数である。一方微小高さ dh と微小深さ dx によって囲まれる微小面積 a はつぎのようになる。

$$a = \frac{dh dx}{2G \sqrt{h-x}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

微小立体中の切れ刃数は $abf(x)$ となるから、切れ刃総数 N' は

$$N' = N'(h_v) = 2 \int_0^{h_v} \int_0^h abf(x) dx dh \\ = 2 \int_0^{h_v} \int_0^h \frac{g^{-1}(h_v - h)}{G \sqrt{h-x}} f(x) dh dx \\ = \frac{2}{G} \int_0^{h_v} g^{-1}(h_v - h) dh \int_0^h \frac{f(x)}{\sqrt{h-x}} dx \quad \dots\dots\dots (8)$$

となる。しかるに前述のように h_v なる高さの研削きずが残存しているのであるから $N' < 1$ である。したがって仕上面プロファイル中にある多くの研削きずの中で最も高い谷底高さ H_v を考えれば、これより高い谷底はすべて切削除去されてしまうのであるから最大谷底高さに対する切れ刃数 $N' = 1$ となる。ゆえに

(8) 式において h_v の代りに H_v とおけばつぎのようになる。

$$N'(H_v) = \frac{2}{G} \int_0^{H_v} g^{-1}(H_v - h) dh \int_0^h \frac{f(x)}{\sqrt{h-x}} dx = 1 \quad \dots\dots\dots(9)$$

これを解けばと粒切れ刃の形状および切れ刃の分布が任意の連続関数 $g(y)$ および $f(x)$ で与えられたときの研削仕上面の最大谷底高さを求めることができる。

4. 研削きずの分布について

前章において説明したように、(8) 式についてつぎの関係が成立する。

$$\left. \begin{array}{ll} h_v < H_v \text{ のとき} & N'(h_v) < 1 \\ h_v = H_v \text{ のとき} & N'(h_v) = 1 \\ h_v > H_v \text{ のとき} & N'(h_v) > 1 \end{array} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

これを物理的にいえばつぎのようになる。すなわち、
(i) 最大谷底高さ H_v よりも小さい谷底高さを与えるような切れ刃に対しては、その研削きずを引続いて切削除去するような他の切れ刃は存在せず、したがってその研削きずは最後まで仕上面プロファイルに残り、
(ii) H_v よりも大きい谷底高さを与えるような切れ刃に対してはその研削きずを切削除去するような切れ刃が必ず存在し、したがってその研削きずは仕上面に残らない。ゆえに研削仕上面プロファイル中に存在する研削きずは、谷底高さが $0 \sim H_v$ となるようなすべての切れ刃によって生じたもので、それ以外の切れ刃によるきずは存在しない。

そこで仕上面プロファイルの幅 b_0 の中において、その谷底高さが任意の高さ h_v と $h_v + dh_v$ の間にある研削きずの数 dN は、第6図に示すようにといし内部における谷底高さが h_v であるような曲線と幅 b_0 によってきまる曲面 $P'Q'Q''P''$ の上の微小厚さ dh_v の立体の中に存在する切れ刃総数に等しくなる。この切れ刃数すなわち研削きず数 dN を求めるには、前章の(8)式の計算における b の代りに b_0 とおいて深さ x について $0 \sim h_v$ まで積分すればよい。

第 6 図

$$dN = 2 \int_0^{h_v} ab_0 f(x) = \frac{b_0}{G} dh_v \int_0^{h_v} \frac{f(x)}{\sqrt{h_v-x}} dx \quad \dots\dots\dots(11)$$

すなわち

$$\frac{dN}{dh_v} = \frac{b_0}{G} \int_0^{h_v} \frac{f(x)}{\sqrt{h_v-x}} dx \quad \dots\dots\dots(12)$$

となる。さらに研削仕上面プロファイル中の研削きずの総数 N は(11)式を用いてつぎのようになる。

$$N = \int_0^{H_v} dN = \frac{b_0}{G} \int_0^{H_v} dh_v \int_0^{h_v} \frac{f(x)}{\sqrt{h_v-x}} dx \quad \dots\dots\dots(13)$$

したがって研削きずの平均ピッチ p_m は

$$p_m = \frac{b_0}{N} = G / \int_0^{H_v} dh_v \int_0^{h_v} \frac{f(x)}{\sqrt{h_v-x}} dx \quad \dots\dots(14)$$

5. 極限あらさについて

前記3章および4章において求めた各式は最大谷底高さ H_v を与える曲線がといしの全円周に広がらないことを前提としているものである。この曲線は

$$\rho = R - H_v + (GR)^2 \theta^2 \quad \dots\dots\dots(15)$$

であらわされ、研削条件によって $G = \frac{v}{V} \sqrt{\frac{1}{D} \pm \frac{1}{d}}$ が変化すれば、曲線(15)式もといし内部で種々変わる。すなわち G がかなり大きければ第7図において曲線Iのようであるが、 G がこれより小さくなるとIIのようになり、さらに小さくなるとIIIのように曲線の両端はBの反対側のといし円周面上の点B'に一致し、これを過ぎるとIVのように曲線は交差することになる。そこで(15)式で示される曲線がIVのようになる場合についても前記(8)式によって切れ刃数 $N'(H_v)$ を求めたとすれば、曲線IVのハッチングした部分は重複して計算されることになるから、実際はその部分だけ差引かなければならない。ゆえに(9)式が成り立つのは曲線IIIの場合よりも G が大きいときであることがわかる。(15)式において $\theta = \pi$ のとき $\rho = R$ とおけば

第 7 図

ここに B はベータ関数である。そこで (30) 式を (29) 式に入れて整理すると最大谷底高さ H_v は次式のように求められる。

$$H_v = \left\{ \frac{a^{1/n} G}{4cM(m)B\left(m + \frac{3}{2}, \frac{1}{n} + 1\right)} \right\}^{\frac{1}{m+1/n+3/2}} \quad \dots\dots\dots (31)$$

研削きずの分布については (12) 式から

$$\frac{dN}{dh_v} = \frac{b_0}{G} \int_0^{h_v} \frac{cx^m}{\sqrt{h_v - x}} dx = \frac{2b_0cM(m)}{G} h_v^{m+1/2} \quad \dots\dots\dots (32)$$

また研削きずの平均ピッチも同様に (14) 式から

$$p_m = \frac{\left(m + \frac{3}{2}\right) G}{2cM(m)} H_v^{-(m+3/2)} \quad \dots\dots\dots (33)$$

そこで (31) および (33) 両式から G を消去すれば、 p_m と H_v との間の研削条件にはよらない一般関係を示すものとして次式が求められる。

$$p_m = 2\left(m + \frac{3}{2}\right) B\left(m + \frac{3}{2}, \frac{1}{n} + 1\right) a^{-1/n} H_v^{1/n} \quad \dots\dots\dots (34)$$

つぎに極限あらさの場合についても同様に (19), (20) および (22) 各式から

$$H_v^* = \left\{ \frac{a^{1/n}}{4\pi R c B\left(m+1, \frac{1}{n} + 1\right)} \right\}^{\frac{1}{m+1/n+1}} \quad \dots\dots\dots (35)$$

$$\frac{dN}{dh_v} = 2\pi R b_0 c h_v^m \quad \dots\dots\dots (36)$$

$$p_m = 2(m+1) B\left(m+1, \frac{1}{n} + 1\right) a^{-1/n} H_v^{1/n} \quad \dots\dots\dots (37)$$

が得られる。

以上の各式によって研削仕上面のあらさに関する諸量についての関係を図示すると第 10 図のようになる。

第 9 図 $M(m)$ の 値

すなわち第 10 図 (a) は (16), (31) および (35) の各式によって H_v と G との関係を、同図 (b) は (32) 式により研削きずの高さの分布を、同図 (c) は (34) 式により研削きずの平均ピッチと最大谷底高さとの関係をそれぞれ示したものである。これらはそれぞれ

$$\left. \begin{aligned} H_v &\propto G^{\frac{1}{m+1/n+3/2}} \quad (G \geq \sqrt{H_v}/\pi R \text{ のとき}) \\ \frac{dN}{dh_v} &\propto h_v^{m+1/2} \quad (H_v \geq h_v \geq 0) \\ p_m &\propto H_v^{1/n} \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (38)$$

なる傾向を示す曲線であり、これからつぎのようなことがいえる。すなわち切れ刃の形状および分布が (23) および (24) 式のようなべき関数としてそれぞれあらわされるとすれば、

(i) あらさ H_v に対する研削条件 $G = \frac{v}{V} \sqrt{\frac{1}{D} \pm \frac{1}{d}}$ の影響度合はと粒切れ刃の形状ならびに分布に関するべき指数 n および m の両者によってきまる。 n および m は正数であるから G が増大するほど H_v は大きくなる。特に $n=1$ なる円すい切れ刃とした場合について、切れ刃が均等分布をするものとするれば $m=0$ において $H_v \propto G^{2/5}$ となり、放物線分布とすれば $m=2$ において $H_v \propto G^{2/9}$ となる。この結果は著者⁽⁴⁾ および織岡⁽⁵⁾ の導いた結論と一致するものである。

第 10 図

(ii) 研削きずの高さに対するひん度分布の傾向には m のみが影響し, n には関係しない.

(iii) 研削きずの平均ピッチは最大谷底高さの $1/n$ 乗に比例して増大する. したがってこの場合には m は関係しない.

以上のことがらに関する詳細な実験ならびに検討については続報に述べる予定である.

7. 結 言

と粒切れ刃の輪郭形状ならびにといし内における切れ刃の分布が, 任意の連続関数で示される場合の研削仕上面のあらさに関する諸量すなわち最大谷底高さ, 研削きずの分布および平均ピッチおよび極限あらさ

($G=0$, たとえば $v=0$ の場合の最大谷底高さ) をあらわす一般公式を導いた.

続いてこれらの関数が任意のべき関数としてあらわされる場合について計算を行ない, その結果上記諸量の相互関係ならびにこれら諸量におよぼす切れ刃の形状および分布の影響を明らかにすることができた.

文 献

- (1) 小林, 精密機械, 20-7 (昭 29), 245.
- (2) 佐藤, 精密機械, 16-4, 5 (昭 25), 117.
- (3) C. T. Yang & M. C. Shaw, *Trans. ASME*, 77 (1955), 645.
- (4) 小野, 研削仕上に関する基礎的研究, (昭 34), 61; 研削仕上, (昭 37), 71, 横書店.
- (5) 織岡, 機械学会誌, 63-499 (昭 35-8), 1185.

討

〔質問〕 本論文は, といし表面上の切れ刃先端がといしの半径方向にいくらか高低のあることに対する仮定も含め, できるだけ一般的な形をした仮定を用い, さらにその具体例について詳細な計算を行なっており, きわめて興味深いが, 二, 三の問題点がある.

(1) といし半径に垂直な面上においては切れ刃は一樣に分布しているものと仮定しているが, 現実のといしにおいてはこの仮定は成立しないのが普通である. したがって本論文においては, 最大谷底高さを求めるのに, 一樣分布の考え方を基礎にして (9) 式を導いているが, かなり問題であろう.

(2) 研削きずの分布を説明するための (10) 式の解釈において, 本論文は, 最大谷底高さ H_v よりも小さい谷底高さを与える切れ刃に対しては, その研削きずを引続いて切削除去する他の切れ刃は存在せず, その研削きずは最後まで仕上面プロファイルに残るとし, さらに, 研削仕上面プロファイル中に存在する研削きずは, 谷底高さが $0 \sim H_v$ となるすべての切れ刃により生じたものとして, 研削きずの総数 N を (13) 式で示しているが, (8) 式により与えられる N' が 1 より小さくても, その高さの切れ刃により生ずる研削きずが全部残るわけではない (N' の値が 0 のとき, はじめてその研削きずが全部残るわけである). 研削きずの残留する割合は N' の大きさにより定まることは理論的にも明らかであるし, また仕上面プロファイルの実測値から実験的にも確かめられる.

(3) 付言すれば, 最大谷底高さその他 Range により研削仕上面あらさを求めようとする考え方は, 上述のと粒切れ刃が一樣には分布していないという現実から問題があり, さらに, 実用的に重要である「あらさ分布曲線」ないし「アボットの負荷曲線」の解析を進める上に効果が少ないとともに, 理論式を実験的に確かめる際にも大きな困難に当面するのではなからう

論

か.

(織岡貞次郎)

〔回答〕 (1) といし半径に垂直な面上において切れ刃は一樣に分布しているという仮定は, いいかえれば本文 (2) 式のような切れ刃の分布はといし表面のいずれの部分においても成り立ち, 位置によって変らないという仮定に相当する.

現実のといしではご指摘のとおり一樣ではないが, といしが特にむらなく製造されているならば一樣ではないというものの, その平均値からの散らばりはおそらく確率曲線的分布をするものと思われる. したがって本文のような考え方で導かれた (9) 式は, 平均値をあらわすもので, H_v を平均的の最大谷底高さとしていただきたい.

(2) 切れ刃数をあらわす N' というものは実際には 0 あるいは正の整数なる不連続値しかあり得ない. しかし (8) 式で計算される N' は連続値となるため本論文で述べたような考え方をしたのである. そして上記のような切れ刃の一樣分布の仮定のもとにはこの考え方が成り立つわけである.

実際には切れ刃分布は一樣でないから, 貴説のように $N' < 1$ の場合でも他の切れ刃によって打消され残存しない研削きずがあり得る. しかしこの際問題となるのは $h_v \approx H_v$ すなわち $N' \approx 1$ の場合における研削

付 図 1

きずの分布であって、このときには(12)式に多少の修正を施す必要がある。すなわちたとえば本文第10図(b)に示す研削きずの分布曲線は、実際には付図1の点線で示されるような分布となるであろう。なおこの場合 $N' < 1$ の場合、打消される研削きず数と $N' > 1$

のとき残留する研削きず数は、前述のように切れ刃分布が不一樣であることの散らばりが確率曲線的であるならば、ほぼ相等しいと考えられるから、研削きず総数をあらわす(13)式はそのまま成立すると考えられる。

621.924-756 : 621.923.1.015

研削盤の弾性変形が製品の形状誤差に及ぼす影響*

(第1報, 精密研削における形状誤差の解析)

塩崎 進**, 中野嘉邦**, 福田理一**

The Effect of the Elastic Deformation of Grinding Machine on the Profile Errors of Workpiece

(1st Report, On the Analysis of the Profile Errors in Precision Grinding)

by Susumu SHIOZAKI, Yoshikuni NAKANO, and Riichi FUKUDA

In precision grinding, the profile errors with various forms and magnitudes are brought about by complicated causes. The elastic deformation caused by the grinding forces shifts the relative position between the grinding wheel and the workpiece, and consequently the depth of cut cannot coincide with the advance of the wheelhead. Then, the workpiece will have erroneous profile, otherwise the productivity will be lowered by long spark-out time.

In this paper, the generating mechanism of profile errors due to the elastic deformation was analytically investigated in order to obtain the basic data for the improvement of grinding accuracy. And it was theoretically proved that the elastic character of machine, the ability of grinding wheel, the grinding conditions and the accuracy of preceding roughing operations had important effects upon the profile errors.

It is shown that the results of the experiments agree approximately with the analysis.

1. 緒 言

精密研削作業においては、研削盤と工作物に生じる弾性変形、熱変形、振動などの影響を受けて、複雑な形状誤差を生じるものであるが、研削抵抗によってひき起こされる弾性変形は、といしと工作物の相互位置を変化させ、といし台の送り込量と工作物の寸法減少量とは一致せず、切残し量を生じる。この量は内面研削盤のように、構造上剛性を高くすることが困難な場合とか、プランジ研削の場合のように、切込量に対して研削抵抗が比較的大きいときには、かなりの量に達する。また精密研削では、製品に対する要求精度が高いので、切残し量は無視し得ない大きさとなり、製品の寸法、形状に誤差を生ぜしめる原因となる。あるいは

スパークアウト研削に要する時間が長くなり、生産能力を低下させる。したがって、与えられた研削盤の弾性的特性を知り、さらにこれが製品の寸法、精度にどのような機構で影響を及ぼすかを解明することは、適正な研削条件の選択、研削盤の合理的な設計上、重要なことと思われる。筆者の1人は、さきに研削盤の弾性的たわみが、工作物の寸法減少量に及ぼす影響を、はじめて明らかにし⁽¹⁾、その後形状誤差についても論じた⁽²⁾⁽³⁾。また Brammertz, Hahn らも円筒プランジ研削の場合について同様な解析を行なっている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。しかし、これらの論文では、主として円周方向の誤差について解析したものであり、軸方向の誤差についてふれていない。また研削条件と形状誤差の関係が、必ずしも明らかにされていない。本報では、まずトラバース研削の際の、弾性変形による軸方向形状誤差の発生機構を理論的に解析し、研削精度の向上に必要な諸条件を見出すための、基礎的資料を得ようとしたもので

* 昭和38年10月9日 第41期全国大会講演会において論文講演として講演 原稿受付 昭和38年7月10日。

** 正員、東京都立大学工学部(東京都世田谷区深沢町1の950)。