極面積の大きいことが実用上は必要⁵⁾となる。

(2) 高周波自体は、常に電流値零を通る振動をしている電源である。アークを維持するには、常にアーク電圧(約 30~10V, 材質により異なる)をもたなければならぬことを考えれば、そのアークの持続は高周波の半波の時間以下となる。したがって、これは周期の高いことと、半波の時間以上はアークになりにくいことから分散しやすいことは判る。

(3) 高周波直流コンデンサ放電に重畳した場合、前述の理由で、直流アークになつても高周波による電流値が零の点が重畳によつて生ずるから、アークの維持は困難となる。このことは、電流波形の観察から証明できると思うが、未着手である。

8. む す び

この実験は、コンデンサ放電を用いる放電加工に関し

- (1) 単発の放電を論ずるだけでなく、放電のくりかえしがどのようなかに着眼した。
(2) その場合、放電の分散、集中の現象と、その条件をほぼ明らかにした。

(3) 高周波単独のくりかえし放電に分散性が顕著であり、また、直流放電では長時間の連続アーク放電になる条件に、高周波を重畳すると、分散することが判り、高周波重畳方式の一つの利点が明らかになった。この実験は、目下、各種の材料、条件について、継続中である。

この研究については、当社研究所 前田室長、阪大津枝教授の御指導に負う所大である。また、実験には真鍋明君、林原毅君に負う所大である。

(1959, 9月21日受付)

文 献

- 1) 井上：日本機械学会誌，Vol.61，No.476，p.781.
- 2) E.M.Williams. 他：E.I. E. Tech. Paper. March 1952.
- 3) 電気学会編：放電ハンドブック (1958)，2，3，p.29.
- 4) 倉藤：精機学会誌，Vol.24，No.2，日本における放電加工
- 5) 斎藤：電子加工懇話会講演，33年11月，大阪
- 6) 斎藤：精機学会講演，34年5月，No.107.

歯車型コンデンサの割出精度について

石 川 二 郎* 富 井 正 男** 馬 広 秀**

On the Indexing Accuracy of Gear Type Condenser

Jiro ISHIKAWA, Masao TOMII, and Konsyu MA

Fig.1(a) shows a gear type condenser consisting of an internal gear and an external gear, both of which have the same module, pressure angle, and number of teeth.

The internal and external gears can move around the same axis, but are electrically insulated each other.

This pair of gears then turns to be an electric condenser of which capacity is uniquely defined by the relative position between two gears.

The gear type condenser can give a precise measurement of small angular displacement. The sensitivity is about 1 volt for 1 second.

However in this paper will be discussed another way of case of this condenser; i.e. the accurate way of indexing.

The internal and external gears used in the gear type condenser may have a pitch error. However it is quite possible to make a very accurate division of 360° (indexing) by the number of teeth with this condenser. The error for indexing does not depend upon a pitch error of gears used in condenser.

1. ま え が き (歯車型コンデンサの説明)

歯車型コンデンサとは Fig.1 (a) に示すような内歯

* 東京工業大学精密工学研究所 正会員

**東京工業大学精密工学研究所

車と外歯車とからできているコンデンサで、内歯車と外歯車とは同一モジュール、圧力角、歯数のものである。内歯車は歯をピッチ円で切りおとして内径を仕上げたものであり、外歯車は外径を内歯車の内径より 0.2~0.4 mm 小さく、歯幅も内歯車より小さく仕上げたものである。この一對の歯車を Fig.1(a) に示すように内歯車の

mm 位の歯車で角度に換算して 1 分~2 分程度である。このようなピッチ誤差のある歯車を用いた歯車型コンデンサで、歯数分の 1 の割出を、コンデンサの静電容量を測定することによつて、極めて正確に行うことができる。以下このことを理論的に実験的に確かめたので、その結果を報告する。

Fig. 1

中に外歯車を入れて、両者を互に電氣的に絶縁し同軸上に回転方向にのみ自由であるように固定すると、内歯車と外歯車との歯によつてコンデンサが形成される。このコンデンサの静電容量は内歯車と外歯車との相対的位置によつて定まり、相対的位置が変化すると（回転方向に）静電容量もそれに応じて変化する。角変位に対する静電容量変化の特性は、1 例（歯数 36 枚の歯車型コンデンサ）を Fig.1 (b) に示すように、歯車の 1 ピッチのあいだでかなり広い範囲にわたり、直線性がありしかも角変位に対する静電容量変化の割合は、1 組の同じ幅をもつ平行板コンデンサの場合に比して著しく大きくなっている。これは歯車型コンデンサが内歯車、外歯車の各 1 枚の歯で形成される小コンデンサを歯数に等しい数だけ円周にそつて等間隔において、それ等をすべて並列に連結したものと 同じ効果をもっているためであると考えることができる。

特長の上から考えると歯車型である必要はなく、絶縁物で作つた同心 2 円筒の内面および外面に、多数の極板を円周方向に等間隔に配置し並列に結合したものでよいが、歯車型にすれば工作が簡単で、精度のよいものが容易に得られ特長がある。

歯車型コンデンサの上記特長を利用して微小角変位を測定することもできるが、この論文では歯車型コンデンサを用いて、精確な割出を検出することを取り扱う。

歯車型コンデンサに用いる内歯車、外歯車にはピッチ誤差があつて、その累積誤差は、普通に仕上げた直径 80

Fig. 2

2. 歯車型コンデンサの割出精度の計算

2.1 歯車型コンデンサの静電容量

歯車型コンデンサは Fig.2 に示すような形状の小コンデンサからできている。Fig.2 において記号を次のように定める。

λ : 内歯車と外歯車の歯先面が重なり合っている部分の中心に対する角（以下歯先面对向角と呼ぶ）

R_i : 内歯車の内径円の半径

R_o : 外歯車の外径円の半径

d : 歯先面間のすきま $d = R_i - R_o$

このような形状のコンデンサの静電容量を正確に計算することは極めて困難であるが、歯車型コンデンサの静電容量が Fig.1 (b) に示すように、角変位に対して連続的に変化することを考えると、小コンデンサの静電容量 C は歯先面对向角 λ のある価連続な関数として表わすことができる。

$$C = f(\lambda) \quad (1)$$

λ がある一定の値をとれば静電容量もまたある一定の値をとる。 λ が $\Delta\lambda$ だけ変化したときの静電容量の変化分を ΔC とすると

$$\Delta C = f(\lambda + \Delta\lambda) - f(\lambda) = f'(\lambda) \cdot \Delta\lambda + \frac{f''(\lambda)}{2!} (\Delta\lambda)^2 + \dots \quad (2)$$

となる。

2 式において $\Delta\lambda$ が充分小さければ $\Delta\lambda$ の 2 次以上の

項を無視し得るので

$$\Delta C = f'(\lambda) \cdot \Delta \lambda \quad (3)$$

となる。 λ として歯先の厚さ $1/3$ の位を選ぶと、 $\Delta \lambda$ を相当大きくしても ΔC は $\Delta \lambda$ に正比例して変化することが Fig.1 (b) から推定できる。したがって歯車型コンデンサのある状態における各歯先面对向角の和を S_1 とし、それから正確に 1 ピッチ分だけ角変位したときの歯先面对向角の和が S_2 になったとしたとき、もし $S_1 = S_2$ が成立すれば、(1)、(3) 式の結果から「歯車型コンデンサの静電容量は歯数分の 1 の割出に対し常に一定値を示す」ということができる。

2.2 歯車型コンデンサの歯先面对向角が、歯数分の 1 の割出に対し変化しないことの証明

Fig.3 (a) 参照、歯車型コンデンサの内歯車及び外歯車の歯に 1, 2, 3, …… n と番号をつけ、記号を下記のように定める。

Fig. 3

θ_{i1} ; 内歯車の 1 の歯と 2 の歯とのピッチの中心に対する角。以下ピッチの中心に対する角をピッチ角と略称する。

θ_{i2} ; 内歯車の 2 と 3 の歯のピッチ角

θ_{iK} ; 内歯車の K と $K+1$ の歯のピッチ角

θ_{in} ; 内歯車の n と 1 の歯のピッチ角

θ_{o1} ; 外歯車の 1 と 2 の歯のピッチ角

θ_{oK} ; 外歯車の K と $K+1$ の歯のピッチ角

θ_{on} ; 外歯車の n と 1 の歯のピッチ角

θ ; 正確なピッチ角 ($360^\circ/\text{歯数}$)

ϵ_{iK} ; θ_{iK} に含まれているピッチ角誤差

ϵ_{oK} ; θ_{oK} に含まれているピッチ角誤差

λ_1 ; 内歯車の 1 の歯と外歯車の 1 の歯との歯先面对向角

λ_K ; 内歯車 K の歯と外歯車の K の歯との歯先面对向角

まず Fig.3 (a) の状態における歯車型コンデンサについて考えると、上に述べた定義からつぎの関係式を得る。

$$\begin{aligned} \theta_{i1} &= \theta + \epsilon_{i1} & \theta_{o1} &= \theta + \epsilon_{o1} \\ \theta_{i2} &= \theta + \epsilon_{i2} & \theta_{o2} &= \theta + \epsilon_{o2} \\ &\vdots & &\vdots \\ \theta_{iK} &= \theta + \epsilon_{iK} & \theta_{oK} &= \theta + \epsilon_{oK} \\ &\vdots & &\vdots \\ \theta_{in} &= \theta + \epsilon_{in} & \theta_{on} &= \theta + \epsilon_{on} \end{aligned}$$

従って 1 の歯の歯先面对向角を λ_1 とすると、 $\lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_K, \dots, \lambda_n$ は次のようにあらわすことができる。

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \lambda_1 \\ \lambda_2 &= \lambda_1 + \theta_{i1} - \theta_{o1} = \lambda_1 + (\epsilon_{i1} - \epsilon_{o1}) \\ \lambda_3 &= \lambda_2 + \theta_{i2} - \theta_{o2} = \lambda_1 + (\epsilon_{i1} - \epsilon_{o1}) + (\epsilon_{i2} - \epsilon_{o2}) \\ \lambda_K &= \lambda_{K-1} + \theta_{i(K-1)} - \theta_{o(K-1)} = \lambda_1 + (\epsilon_{i1} - \epsilon_{o1}) + (\epsilon_{i2} - \epsilon_{o2}) + \dots + (\epsilon_{i(K-1)} - \epsilon_{o(K-1)}) \\ \lambda_n &= \lambda_{n-1} + \theta_{in-1} - \theta_{on-1} = \lambda_1 + (\epsilon_{i1} - \epsilon_{o1}) + (\epsilon_{i2} - \epsilon_{o2}) + \dots + (\epsilon_{in-1} - \epsilon_{on-1}) \end{aligned}$$

故に Fig.3 (a) における全歯先面对向角は

$$\sum_{K=1}^n \lambda_K = n\lambda_1 + \sum_{K=1}^{n-1} (n-K)(\epsilon_{iK} - \epsilon_{oK}) \quad (4)$$

(4) 式の右辺第 1 項は歯車にピッチ誤差のない場合を示し、2 項以下はピッチ誤差のため生じた歯先面对向角の変化分を示している。

つぎに外歯車を正確に 1 ピッチぶん時計方向に回転した状態 (Fig.3 (b)) を考えて歯先面对向角を計算する。この場合外歯車の歯の番号と対向角の番号を等しくする。すなわち内歯車の 2 の歯と外歯車の 1 の歯の歯先面对向角を λ_1' とし以下同様にして $\lambda_2', \lambda_3', \dots, \lambda_K', \dots, \lambda_n'$ を定めると次の関係式を得る。Fig.3 (b) 参照

$$\begin{aligned} \lambda_1' &= \lambda_1 + \theta_{i1} - \theta = \lambda_1 + \epsilon_{i1} \\ \lambda_2' &= \lambda_1' + \theta_{i2} - \theta_{o1} = \lambda_1 + (\epsilon_{i1} - \epsilon_{o1}) + \epsilon_{i2} = \lambda_2 + \epsilon_{i2} \\ \lambda_K' &= \lambda_{K-1}' + \theta_{iK} - \theta_{o(K-1)} = \lambda_1 + (\epsilon_{i1} - \epsilon_{o1}) + (\epsilon_{i2} - \epsilon_{o2}) + \dots + (\epsilon_{i(K-1)} - \epsilon_{o(K-1)}) + \epsilon_{iK} \\ &= \lambda_K + \epsilon_{iK} \\ \lambda_n' &= \lambda_{n-1}' + \theta_{in} - \theta_{on-1} = \lambda_1 + (\epsilon_{i1} - \epsilon_{o1}) + (\epsilon_{i2} - \epsilon_{o2}) + \dots + (\epsilon_{in-1} - \epsilon_{on-1}) + \epsilon_{in} = \lambda_n + \epsilon_{in} \end{aligned}$$

したがって Fig.3(b) における全歯先面对向角はつぎのようになる。

$$\sum_{K=1}^n \lambda_K' = \sum_{K=1}^n \lambda_K + \sum_{K=1}^n \epsilon_{iK} \quad (5)$$

(5) 式の右辺第 1 項は Fig.3(a) の状態と全く同じ

で、1 ピッチ分の回転によつて、全対向角は第2項のぶんだけ変つてくるが、これは内歯車の単一ピッチ誤差をすべて加え合せたものであるから0になる。故に

$$\sum_{K=1}^n \lambda_K' = \sum_{K=1}^n \lambda_K$$

が成立する。

Fig. 3 a の状態と b の状態とを比較してみると、個々の歯については、その歯先面对向角は a から b の状態に移る際変化するが、それによる静電容量の変化分は $\Delta\lambda$ に比例するので、歯先面对向角の和が1ピッチ分の角変位に対し変化しないということは、静電容量もまた変化しないことを示している。

以上のことから、歯車型コンデンサの静電容量が、正確な歯数分の1の割出に対して変化しないことが明らかになった。したがつて外歯車（又は内歯車）を相対的に約1ピッチ分回転してから、静電容量の値が一定値を保つように回転角を調節すれば、その回転角は正確に歯数分の1の割出角となる。

2.3 偏心による影響

以上述べた理論は内歯車の内径及び外歯車の外径が回転中心に対し偏心なく取付けられた場合について考えたのであるが、偏心のある場合は少し異なりそれが誤差の原因となる。特に両歯車に偏心のある場合は回転中に内歯車に対する外歯車の偏心量が変化するため静電容量変化を生ずる。以下それによる誤差を検討する。

Fig. 4

Fig. 4 において記号をつぎのように定める。

O ; 回転中心

O₁ ; 内歯車内径の中心

O₂ ; 外歯車外径の中心

μ_1 ; 内歯車内径の回転中心に対する偏心量

μ_2 ; 外歯車外径の回転中心に対する偏心量

μ ; 内歯車内径の中心 O₁ に対する外歯車外径の中心 O₂ の偏心量

θ ; $\angle O_1 O O_2$

今内歯車を固定し、外歯車を回転させるとき、

図から明らかなように相対的な偏心量 μ は μ_1 , μ_2 及び θ を用いてつぎのように表わすことができる。

$$\mu = \sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2 + 2\mu_1\mu_2\cos\theta}$$

μ の最大値と最小値の差は $\mu_1 > \mu_2$ の場合 $2\mu_2$, $\mu_1 < \mu_2$ の場合 $2\mu_1$ となる。この μ の値の変化によつて生ずる静電容量変化の値をつぎのような仮定のもとに概算することにする。

1. λ として静電容量が Fig. 1 (b) の直線部分にあるように選ぶ。また計算を簡単にするため、ピッチ誤差はないものとする。
2. Fig. 2 から明らかなように λ を適当に選ぶとコンデンサの静電容量は歯先面で形成されるものが一番大きくなり、かつ、この部分のものが偏心の影響を一番うけやすいのでその部分だけを考えることにする。すなわち微小偏心、微小角変位によつてはエンドエフェクトによる値は変化しないと仮定する。

このような条件のもとで偏心量 μ の歯車型コンデンサの静電容量を計算すると次のよになる。

$$C \approx K_1 \frac{\lambda}{\sqrt{d^2 - \mu^2}} + K_2 \quad (6)$$

K_1 , K_2 は定数である。

(6) 式の μ の値が $\mu_1 + \mu_2$ から $\mu_1 - \mu_2$ まで変化するとそれによる C の変化分 ΔC は $d \ll |\mu_1 + \mu_2|$ の場合

$$\Delta C \approx \frac{K_1 \lambda}{d^3} 2\mu_1 \mu_2 \quad (7)$$

となる。一方このコンデンサの微小角変位 $\Delta\lambda$ による静電容量の変化分 ΔC_λ は

$$\Delta C_\lambda \approx K_1 \frac{\Delta\lambda}{d} \quad (8)$$

である。 ΔC に等しい ΔC_λ を生ずるような $\Delta\lambda$ は (7) = (8) とおくことにより、 d , λ , μ_1 , μ_2 とつぎのような関係があることがわかる。

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{2\mu_1 \mu_2}{d^2} \quad (9)$$

今 (9) 式において $d = 0.2\text{mm}$, $\mu_1 \approx \mu_2 = 0.0025\text{mm}$, $\lambda = 2^\circ$ とすると $\Delta\lambda$ は約2秒程度となる。

偏心にさえ注意して取つければ、全円周にわたつて割出誤差を数秒程度におさえることができる。

3. 実験装置及び測定結果

3.1 実験装置

SIP の円周目盛機を使用して実験を行つた。実験装置の写真を Fig. 5 に示す。歯車型コンデンサを形成する歯車のうち、外歯車は円周目盛機テーブル (1) の中心にあるテーパ穴を利用して外径の中心がテーブルの回

転中心と一致するようにテーブルに固定し、内歯車(3)は円周目盛機のビームを利用して、テーブルの回転中心に対し偏心のないようにテーブルと無関係に固定し、外歯車の上にかぶせてある。(この実験では装置の都合上内歯車を絶縁極板、外歯車を接地極板として使用している

Fig. 5

が、外歯車を絶縁極板とする方が望ましい。) 歯車型コンデンサの静電容量は内歯車(固定、絶縁極板)からリード線でタンク回路(4)に導かれ、そこでインピーダンスをさげて検出装置(5)に導かれ、出力電圧として測定される。(6)は検出装置の出力電圧を測定する直流電圧計である。またテーブルの回転角はテーブルの上に正確に刻まれている角度目盛を固定した測微顕微鏡で読みとることによって測定することができる。測微顕微鏡は偏心の影響をさけるため2個取つけてある。テーブルの角度目盛は全円周を4000等分してあり、測微顕微鏡で1目盛の1/1000まで読みとれるので、測微顕微鏡の3目盛が約1秒に相当する。

測定に用いた歯車型コンデンサの歯車はつぎのような寸法のものである。

	外歯車	内歯車
モジュール	2	2
歯数	40枚	40枚
圧力角	20°	20°
外(内)径	79.85mm	81.15mm
歯先隙間 d	0.15mm	

3.2 測定法及び結果

測定はつぎのようにしておこなった。

1. 歯先面向角 λ が2°位になるようにテーブルを回転し、その位置を測微顕微鏡で読みとる。一方その状態で検出装置の出力電圧が60V位になるように

(電圧計は150V目盛のものを用いた。) 検出装置の0点を調整してその電圧を直流電圧計(6)で読みとる。

2. つぎに円周目盛機テーブルを約9°(1ピッチに相当する角)回転した後、出力電圧が前と等しくなるようにテーブルを微小回転し、その位置を測微顕微鏡で読みとる。

以下同じような過程をくりかえして、全円周にわたって割出精度を測定した。感度はテーブルの角変位1秒に対し、出力電圧の変化分は1Vである。

測定記録の1例をFig. 6, Fig. 7, Fig. 8に示す。

Fig. 6は装置全体の信頼度確かめるために行つた実験の1例で、36度の割出を全円周にわたって4回測定し、同じ点の割出誤差が1回転毎にどの程度変動するかを調べた記録である。第1回目の測定は実線で、第2回目は1点鎖線、第3回目は2点鎖線、第4回目は鎖線で示してある。この結果をみると同一点の割出誤差の変動は最大5秒程度で、かなり大きな値を示しているが、各々の割出誤差はいずれも似た傾向をもち、10秒程度である。

割出誤差変動の原因としてつぎのような理由が考えられる。

1. 円周目盛機テーブルの回転中心が軸直角方向に微小変位するか、あるいはテーブルが首振り運動を行うため、2, 3で述べた静電容量変化を生ずる。
2. 検出装置に直流増幅機を含むため0点変動する。

Fig. 6 歯車型コンデンサの割出精度(1)

4枚おきの割出精度及びバラツキ 使用歯車 歯数 40
モジュール 2

Fig. 7 歯車型コンデンサの割出精度(2)

360°/歯数の割出精度 使用歯車 歯数 40 モジュール 2

Fig. 8

Fig. 9

3. タンク回路の定数、或はコンデンサの静電容量が温度の影響を受けて変動する。

このうち2, 3の原因によるものは長時間測定する場合問題となるが、短時間測定の場合は問題にはならない。実際検出装置に 100PF 位の固定コンデンサを接続した場合は 1 時間の間に出力電圧は 4~5V 徐々に変化するが、短時間に大きく変化することはない。そこで同一点の割出を検出するさい、テーブルをいろいろ動かしてから止めて割出誤差を測定してみた結果、テーブルの止まり具合によつて出力電圧を一定にしても回転角に 5 秒程度の誤差を生ずることを確かめた。またテーブルを一方方向に回転して誤差を測定してみると、数回転後にはほぼ類似の誤差曲線が得られる。これらのことから誤差量の変化はテーブルの軸受に原因があるものと思われる。

Fig. 7 は全円周にわたる割出誤差を 1 ピッチ毎に測定

した結果を示す。1 回転中の割出誤差は約 10 秒程度である。この割出誤差は 2, 3 で述べた偏心によるものと思われるが、Fig. 6 について言及したようにテーブルの回転も確かでないので、これ以上のことは、極めて厳密に回転方向にのみ自由であるような軸受を用いて実験する必要がある。

Fig. 8 は歯車型コンデンサの割出誤差と、それに用いた内歯車、外歯車の積算ピッチ誤差を角度に換算したものと同一尺度であらわしたものである。内歯車、外歯車のピッチ誤差に比較して、歯車型コンデンサの割出精度は極めて高い。

4. 検出装置及び誤差の検討

測定に使用した微小静電容量変化検出回路を Fig. 9 に示す。電源電圧の安定には特に注意し、鉄共振型 100V 交流安定装置で交流 100V の安定を計り、つぎに B 電源安定回路を用いている。

出力電圧の 0 点変動はスイッチを入れて 1 時間後から測定すると、30 分間で 2~3V 程度である。1 回の測定に要する時間が 30 分位ならば、このままでも充分使用できるが、長時間測定する場合には、歯車型コンデンサ、タンク回路等を更に 1 組加えて差動増幅すれば安定性はさらに高まるであろう。

ここで再び誤差の原因を列記してみるとつぎのようになる。

〔I〕 歯車型コンデンサに属する誤差

- 内歯車と外歯車との相対的な偏心量の変化
- 回転中心が変動するために生ずる誤差
- 温度変化による静電容量の変化

〔II〕 電気回路に属する誤差

- 微小静電容量変化検出回路の 0 点変動
- タンク回路定数の温度による影響（主としてコイルのインダクタンス変化）

この中で I に属する誤差は組立ての際注意すれば相当小さくすることができる。また II に属するものは適当な回路を用いることによりさらに小さくすることもできる。Fig. 6, Fig. 7 にあらわれている割出誤差は殆んど I による誤差と考えられる。

5. むすび

以上述べたことから歯車型コンデンサを用いて歯数分又はその整数倍の割出を極めて正確に行えることが明らかになった。特に歯車型コンデンサにおいてはその割出

精度が要素歯車のピッチ誤差に殆んど影響されないため、偏心のないように注意して組立てさえすれば、ピッチ誤差が少々あつたとしても極めて高い割出精度を得ることができるという特長がある。この特長は割出装置を製作する際に重要な意味をもつていると考えられる。

また割出が電氣的に検出されるという特長もあるが、

この点は安定性の問題とからんで欠点ともなる。ともかく電氣的に検出するのであるから、一回の測定に長時間を要するものは避ける必要がある。長時間測定し、しかもその誤差を相当小さくしたい場合には、回路の選択、測定室等を考慮する必要がある。

(1959, 10月1日受付)

平面の超仕上に関する研究 (第8報)*

——平面超仕上の解析結果の円筒外面超仕上への適用——

松 井 正 己**

Studies on Flat Superfinishing (Part 8)

——On Application of the Theory of Flat Superfinishing to Cylindrical Superfinishing——

Seiki MATSUI

In this paper, the author verified experimentally that the analytical results obtained in the previous studies on flat superfinishing could be applied to the cylindrical superfinishing.

Further, he discussed the stone wear in cylindrical superfinishing on the basis of superfinishing resistance and pointed out that the optimum conditions of the abrasive stone could be determined by the critical ploughing force of the stone.

1. 緒 言

筆者は前報までに、平面の超仕上における超仕上量、超仕上抵抗、超仕上面あらさなどについて理論式を導き、かつ実験を行つて種々の考察をなし、平面超仕上の切削機構及び鏡面仕上機構の一端を明らかにした。

本報はこの平面超仕上について得られた解析結果が、普通一般の円筒面の超仕上にも適用できることを実験によつて確めたものである。

また筆者の工作物振動方式の平面超仕上の時は、脱落型以外ではといしの損耗はほとんどないが、普通の円筒面の超仕上では、といしの損耗が相当問題になるのでこれについても考察を行い、更にこれに関連して、といしの動的な切削性能を示すものとして、従来の臨界圧力にかわる臨界掘り起し力を新しく提案した。

2. 円筒外面超仕上における理論式

筆者が平面の超仕上において導いた理論式は次の通りである。

(1) 超仕上量

(i) 砥粒切れ刃が球状をなす場合

$$M_1 = \frac{1}{C_1} \times 0.30 \rho \frac{L}{r} \left(\frac{1}{j} \right)^{1/2} \left(\frac{P}{H_v} \right)^{3/2} \quad (1)$$

$$M_1 = \frac{1}{C_1} \times \frac{\pi}{2.16 \cos \theta E'(\theta)} \times \frac{\bar{v} \rho \tau T'}{H_v} \quad (2)$$

(ii) 砥粒切れ刃が円すい状をなす場合

$$M_2 = \frac{1}{C_2} \times 0.59 \rho L \cot \alpha \frac{P}{H_v} \quad (3)$$

$$M_2 = \frac{1}{C_2} \times \frac{\pi}{2.16 \cos \theta E'(\theta)} \times \frac{\bar{v} \rho \tau T'}{H_v} \quad (4)$$

(2) 超仕上抵抗

(i) 砥粒切れ刃が球状をなす場合

* 昭和33年5月15日, 昭和33年10月8日 精機学会講演会で発表

**東北大学工学部 正会員