はその1例である。この傾向は、孔が1個の時もつとも強いのは当然である。しかし、基準面によつて支持されているので、鏡面ラツピングを容易に行える。

表5 固定形真空チャック・ラップ発振特性

No.	tmm	$\Delta t\mu$	切断 方位	f_1 Mc	CopF	CI_1 Ω	M_1	オー バート ン	吸入 孔の 数
V ₁ -1	0.181	4	A T	9.26	11	13	110	—	1
V ₁ -2	0.195	3	A T	9.20	10.5	10	146	—	4
V ₁ -3	0.170	5	A T	10.13	12.3	10	128	—	1
V ₁ -4	0.175	3	B T	—	破	—	壊	—	4

ラップ圧力 260 g/cm², ラップ速度 60 rpm, 砥粒 GC # 600~20' (ラップ液水) ドライ・ラップ 30'

図8 吸入孔1ヶの平坦度
に及ぼす影響(V₂-6)
ナトリウム光による

回転形チャックの場合も表6に示すように大差ない。吸入孔が1個の時は、ほぼ完全なニュートン・リングを示すことは固定形の場合と同様である。又基準面の平坦度も孔が存在するため砥粒の端丸め作用によつて、孔の周囲がだれ易い。

結局、吸入孔の大きさが有限であること、スピニングを欠くことが平坦度に影響しており、このため本法でも良好な結果はえられなかつた。

以上3方法では、水晶板が保持具に対して1個乃至数個しか同時に存在しないため、光学部品研磨に於けるよ

表6 回転形真空チャック・ラップ発振特性

No.	tmm	$\Delta t\mu$	切断 方位	f_1 Mc	CopF	CI_1 Ω	M_1	オー バート ン	吸入 孔の 数
V ₂ -16	0.158	6	A T	10.85	14	10	105	—	9

ラップ圧力 250 g/cm², ラップ速度 45 rpm, 砥粒 GC # 600~30' 後, ドライ・ラップ 30', ラップ液 水

うに多数個の同時加工による板厚の不同に対する補償がない。

従つて、平行度の保証は非常に困難であり、平坦度も亦スピニングの不足乃至欠除により難点をもつことになる。

更に基準面の保持が安易であることは、片面ラツピングで平坦度の保証をしても平行度を充たさなかつた。

このため、平行度はたかだか数 μ に過ぎず、得た結果の範囲では、AT板で10Mc, BT板で18Mcに過ぎなかつた。これでは要求を満足できないので、以後、次報にのべる平行平面ラツピングに主力を注いだ。(1956, 2月, 2日受付)

文 献

- 1) 古賀・福与：電気通信学会誌（信学誌）36, 1953, p. 59.
- 2) 高原・小林・井田・新井：通研月報, 8, 1954, p. 110.
- 3) W. Parrish: Amer. Mineralogist, 36, 1951, p. 389.
- 4) L. T. Sogn: Journal of Research of N. B. S., 43, 1949, p. 459.
- 5) E. A. Gerber: Electronics, 1954, p. 161.
- 6) F. Twyman: Lens and Prism Making, Hilger, 1951, p. 321.

平面の超仕上に関する研究（第1報）*

平面超仕上の切削量について（その1）

正 会 員 松 井 正 己**

Studies on Flat Superfinishing (Part 1)

On the Stock Removal by Flat Superfinishing—theoretical—

Seiki MATSUI

A new flat superfinishing process which may be called a work-vibration type is designed and

tested. Further, the relation between the stock removal by flat superfinishing and the operating conditions is analyzed on the assumption that the sharp or dull edges of abrasives penetrate and make minute scratches on the work. This formula led by us considerably agrees with some experimental results.

1. 緒 言

これまで超仕上の基礎的並びに 実際的な研究は非常に多いが、これらのほとんどすべてが円筒の内外面の超仕上で平面の超仕上に関する研究並びにその実施についてはあまり行われておらず、わが国で公にされたのは中島飛行機株式会社の佐田氏の研究¹⁾だけのようである。なお外国においては1940年に公刊された“The Story of Superfinish”の中に既に Chrysler Co. や Norton Co. において平面超仕上盤で実際に作業しブロックゲージのごとき高精度の鏡面が得られたと述べてあり相当研究も行われたようであるが、公にされたものも多くは技術的な説明に止まりいわゆる研究的論文はあまり見うけない状態である。このように平面の超仕上についての研究は微々たるものなので、これについて種々の検討と従来の方法と異つた新しい平面超仕上法を考案し、この方法を用いて平面超仕上作用の解析的研究を進めることにする。まず本報においては平面の超仕上の際の切削量を取りあげ、以下次報において平面超仕上抵抗、平面超仕上面の粗さなどについて考察を加えることにする。

2. 平面の超仕上の方法

これまで行われた方法は図1(a),(b),(c),(d),(e)の

図 1

ごとくである。これからわかるように中空円盤の端面の超仕上は比較的簡単に行われ、普通の円筒内外面の超仕上と同様の効果をあげているようであるが、ブロックゲージのごとき平面の超仕上については砥石、工作物に振動

往復動、回転、偏心回転、送りなどの多次の運動を与えねばならず、非常に面倒でしかも平坦度の良好な粗さの様な鏡面を得ることはむづかしいと思われる。そこで普通の円筒内外面の超仕上程度に簡単にしかも精度のよい面を得る方法として従来の方法と異つた図1(f)の方法を採用してみた。すなわち砥石を大きなカップ状としてこれに回転運動を与え一方工作物には振動を与えるという方法である。この方法を従来の超仕上法と比較すると次のような特長がある。

(1) 普通の超仕上では砥石が連続接触しているがこの方法では不連続接触である。

(2) 切削にあずかる砥粒の数が今までのものよりはるかに多い。

(3) 上述のことから普通の超仕上に比べ砥粒の破碎の機会が少く砥石の損耗少く臨界圧力は高くなる。しかし砥粒の数が多いため切削能率は悪くはならぬ。

(4) 上述のことから能率はよいが鏡面は得にくいのではないかと考えられるが砥石の回転速度を増し切削長を少し長くすれば容易に砥粒の目づれが起り、又工作物の方は連続接触なので表面凸起の流動の点からい

えば都合がよいわけでのこの点の心配はいらぬ。又この方法の運動条件は普通の円筒内外面の超仕上の時と同様にきめることができる。すなわち図2(a)のごと

図 2 運動条件

く任意の位置 α にある工作物上の砥粒の切削速度並びに傾斜角は同図(b)のごとく示される。本研究では簡単にするため $\alpha = \pi/2$ としたから v, v, θ, θ は次式で表わされる。(同図(c))。

$$v = \frac{\pi}{1000} \sqrt{(DU)^2 + (eucos\beta)^2},$$

* 昭和28年10月25日, 昭和29年4月25日 精機学会講演会で発表

** 東北大学工学部

$$v = \frac{2}{1000} \sqrt{(DU)^2 + (eu)^2 \cdot E(\theta)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{eu \cos \beta}{DU} \right), \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{eu}{DU} \right)$$

ここで v : 切削速度, $\bar{v}$: 平均切削速度, θ : 傾斜角, θ : 最大傾斜角, u : 工作物の振動数, e : 工作物の振幅, β : 偏心駆動軸の回転角, D : 砥石の切削位置の直径, U : 砥石の回転数, $E(\theta)$: $\sin \theta$ を母数とする第2種完全楕円積分である。なお切削長は切削時間を τ とすると $v \times \tau$ で表わせる。

3. 平面超仕上の際の切削量

考え方の基礎としては超仕上砥石を構成する砥粒切れ刃の一つ一つが負のすくい角を持ったバイトのごとく作用し、これが集成されて超仕上作用を行うものとする。すなわちまず単粒の切削量を考え、これに切削にあずかる砥粒数をかけたものが超仕上量になるという考え方である。但しこの場合砥粒は大き、形状がまちまちで切込量も不規則と思われるので平均的なものを考えなくてはならぬ。さて単粒の切削作用は超仕上のごとく比較的低速の場合は大体単粒の引掻き作用と同様に考えてよく、又 Tabor の研究²⁾によればこの単粒引掻きにおける接触部の応力状態は単粒の静的な押し込みの時の圧子のまわりの応力状態によく似ているので結局単粒の切削作用は単粒による押し込みを基とすればよいことがわかる。すなわち単粒の切削量は単粒押し込みによつて生じた圧痕を基として考えることにする。

3.1. 単粒の押し込み

実際の砥粒切れ刃の形状はまちまちで解析困難なのでここでは簡単に球状又は円錐状をなしていると考ええる。

3.1.1. 砥粒切れ刃が球状をなす場合

今半径 r の球状圧子を静的に金属平面に押し込んだ時荷重を q とすると完全な弾性変形の範囲内では Hertz の式によつて接触円の半径 a は次式で表わされる。

$$a = 1.1 \left\{ \frac{qr}{2} \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right) \right\}^{1/3} \dots\dots\dots (1)$$

ここで E_1 は圧子のヤング率, E_2 は試料のヤング率である。従つて接触面積 A は $q^{2/3}$ に比例し又平均圧力 p_m は $q^{1/3}$ に比例する。次にこの荷重を増していくと塑性変形が始まるがその時の p_m は $1.1Y$ で与えられる。この Y は試料の単純引張りの弾性限である。更に荷重を増すとだんだん塑性域を増し p_m が $2.8Y \sim 3.0Y$ に達すると圧子に接する材料はすべて塑性域に移りこれ以上荷重を増しても p_m は一定である。故にこのような完全塑性域では A は q に比例する。今塑性変形の始まる荷重を q_L と

すると

$$q_L = 13.1 \cdot p_m^3 r^2 \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right)^2 \dots\dots\dots (2)$$

で表わせる。又完全塑性域に達する荷重を q_p とするとこれは実験的に $(50 \sim 100) \times q_L$ といわれている。さてこれまでは加工硬化の影響を無視したが加工硬化を考えると A は $q^{1/3}$ に比例するようになる。しかし我々の超仕上の場合には加工表面は以前に高度の加工硬化を受けているのではやこれ以上加工硬化しないものと考えてよく、従つて A は q に比例するとしてよい。ここで超仕上の実際の数値を (2) に入れて q_L 及び q_p を計算してみる。今 #280 の砥石で 0.3% C 炭素鋼 ($Y = 72 \text{ kg/mm}^2$) を超仕上する場合を考える。#280 の砥粒の切れ刃の半径 r は平均的に 28.5μ とする。又 E_1 (砥粒のヤング率) としてはダイヤモンドの E を代用して $10 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$ を用いる。なお E_2 は $2 \times 10^4 \text{ kg/mm}^2$ である。これらの数値を (2) に代入すると

$$q_L = 18.9 \times 10^{-3} \text{ gr}$$

$$q_p = 1.4 \text{ gr}$$

この場合砥粒1個にかかる荷重は gr のオーダーであるので我々の取扱う範囲では近似的に完全塑性域と考えてよく従つて A は q に比例することになる。

3.1.2 砥粒切れ刃が円錐状をなす場合

今円錐角 2φ の円錐状圧子を静的に金属平面に押し込む場合を考える。この場合は圧子の先端は無限小の曲率半径を持つ球の一部と考えられるから前述の (2) 式から無限小の荷重で弾性限を越えて試料表面を変形させ完全塑性の状態にすぐ達するものと思われる。圧子が面に貫入すると加工硬化しない材料については $p_m = CY$ がなりたち、 C は φ によつて変るが Bishop, Hill, Mott の加工硬化した銅についての実験³⁾によると φ が $60^\circ \sim 90^\circ$ の範囲では C は $3.6 \sim 2.9$ となり近似的には3と考えてよい。又加工硬化する材料については φ が小さいほど変形が大きくて加工硬化が甚しくなるが一定の φ について実効的な変形は圧痕の大きさによらず一定であり従つて与えられた圧子に対して p_m は荷重に無関係となり A は q に比例するようになる。すなわち円錐状圧子の時は加工硬化する時もしない時も p_m は一定で A は q に比例すると考えてよい。

3.2 平面の超仕上量の理論式

3.2.1 砥粒切れ刃が球状をなす場合 (図3の(a))

理想的に考え完全な平面に r の先端半径を持つ砥粒が押し込まれ、この砥粒の移動によつてその圧痕だけの体積が削りとられるものとする。この時に p_m は3.1で述

図3 単位の切削模型(盛り上りを含む)

べたごとく我々の取扱う範囲では近似的に一定と考えてよくこれは次式で表わせる。

$$p_m = \frac{8q}{\pi b_1^2}$$

ここで q : 砥粒1個にかかる荷重

b_1 : 生じた溝の幅

従つて溝の断面積を S_1 とすると

$$S_1 = \frac{b_1^3}{12r} = \frac{1}{12r} \left(\frac{8q}{\pi p_m} \right)^{3/2}$$

切削長を L , 試料の比重を ρ とすると砥粒1個による切削量 m_1 は

$$m_1 = S_1 L \rho = 0.34 \rho \frac{L}{r} \left(\frac{q}{p_m} \right)^{3/2}$$

となる。ここで単位面積当りの荷重を P とし切削にあずかる砥粒数を j とすると $q = P/j$ であるから単位面積当りの切削量 M_1 は次式で表わせる。

$$M_1 = m_1 j = 0.34 \rho \frac{L}{r} \left(\frac{1}{j} \right)^{1/2} \left(\frac{P}{p_m} \right)^{3/2} \dots (3)$$

又 p_m の代りにビツカース硬度 H_V を用いると $p_m = 1.08 H_V$ の関係があるからこれを(3)に代入すると

$$M_1 = 0.30 \rho \frac{L}{r} \left(\frac{1}{j} \right)^{1/2} \left(\frac{P}{H_V} \right)^{3/2} \dots (4)$$

但しこの H_V は普通のビツカース硬度ではなく加工硬化後の表面の微少硬度を取らねばならぬ。

3.2.2 砥粒切れ刃が円錐状をなす場合(図3(b))。

前述の球状の場合と全く同様に考えると

$$p_m = \frac{8q}{\pi b_2^2}$$

ここで b_2 : 生じた溝の巾

溝の断面積を S_2 とすると

$$S = \frac{b_2^2}{4} \cot \varphi$$

切削長を L , 試料の比重を ρ とすると砥粒1個の切削量 m_2 は

$$m_2 = S_2 L \rho = 0.64 \rho L \cot \varphi \frac{q}{p_m}$$

又 $q = P/j$ 故に単位面積当りの切削量 M_2 は

$$M_2 = m_2 j = 0.64 \rho L \cot \varphi \frac{P}{p_m} \dots (5)$$

又 $p_m = 1.08 H_V$ の関係があるから

$$M_2 = 0.59 \rho L \cot \varphi \frac{P}{H_V} \dots (6)$$

やはりこの時のビツカース硬度も加工硬化後の表面の微少硬度を取らねばならぬ。

4. 実験装置, 実験方法並びに実験条件

4.1 実験装置(図4)

装置は小金井製作所製の汎用超仕上装置を旋盤の刃物台に取り付け、この装置の砥石保持具の所に試料をはさみ振動させるようになっており、一方砥石は旋盤の主軸に取り付けてある。又切削液はポンプで循環させ切り屑や砥粒除去のために油タンクを二つ準備してある。なお砥石への接触圧力は超仕上ユニット内のバネ

図4 実験装置

で与えられる。

4.2 実験方法

超仕上実験をする際にはまず刃物台にダイヤモンドドレッサーを取り付け砥石面をドレッシングして実験前の砥石面の状態をできるだけ一定にする。一方試料の面をダイヤルゲージと直角定規を用いて砥石面に平行にセットする。これから砥石に回転を与え、試料を振動させ、切削液をかけ超仕上作業を始める。なお切削量は化学天秤で実験前後の重量差を測つて求める。

4.3 実験条件

本実験に用いた実験条件は下記のごとくである。

- (1) 工作物...0.3%C 炭素鋼, 1.1%C 炭素鋼, ゲージ鋼の三種類で表面硬度はミクロビツカース(荷重 50gr) でそれぞれ約 200, 300, 1000 である。なお寸法は 10mm 角である。
- (2) 砥石...GC #280 の $R_H 30$, $R_H 60$, $R_H 80$ (なお R_H はロックウエルの H スケールの硬度である。)
- (3) 切削条件
 - (a) 運動条件...平面切削速度 $\bar{v} = 6 \text{ m/mn}$, 最大傾斜角 $\theta = 35^\circ$, 切削時間 $\tau = 5 \text{ 分}$
 - (b) 砥石圧力...2 ~ 9 kg/cm^2

(c) 切削液...軽油

5. 実験結果

5.1 ドレッサーの送り速度と切込量について

前述のごとく本実験では各実験ごとにドレッサーをかけて砥石面の状態をできるだけ一定に保つたがドレッサー作業にはダイヤモンドの形状、ドレッサーの送り速度、切込量が影響するので今ドレッサーを一定の位置に保ち切込、送り速度を変えた時超仕上量がどう変わるかを調べた。図5がその一例である。この時砥石は GC #280 の

図5 ドレッサーの切込、送りの影響

$R_H 30$ で切削条件は $\bar{v}=6\text{mm/mn}$, $\Theta=35^\circ$, $\tau=5$ 分, $P=3.8\text{kg/cm}^2$ である。これからドレッサーの切込、送り速度によつて超仕上量が変わることがわかつたので本研究においては切込 0.02mm , 送り速度 0.08mm/rev に一定に保つた。しかし実際の場合にはダイヤモンドの先端形状を一定におさえることができないのでドレッサーの切込、送り速度を一定にしても砥石面の状態は多少変わると思われるから各実験ごとに砥石面の一部で標準試験片を標準条件で加工しその切削量を基にして実験値を補正した。

5.2 切削時間の影響

切削時間による切削量の変化の一例を示すと図6のご

図6 切削時間の影響

とくなる。この時砥石は GC #280 $R_H 60$ で切削条件は

$\bar{v}=6\text{mm/mn}$, $\Theta=35^\circ$, $P=3.8\text{kg/cm}^2$ で試料は $0.3\%C$ 炭素鋼とゲージ鋼である。これから次のことがわかる。

(1) 切削量は時間と共に目つぶれが進み減少してくる。 $0.3\%C$ 炭素鋼では20分(切削長で120m)位から仕上工程に入ると思われる。

(2) ゲージ鋼の場合は $0.3\%C$ 炭素鋼よりも早く8分(切削長で48m)位から仕上工程に入る。

(3) $0.3\%C$ 炭素鋼, ゲージ鋼いずれの場合も5分(切削長で30m)位までは大体時間に比例して切削量が増すと考えてよい。故に以後の実験においては切削時間を5分に一定に保つた。

5.3 砥石圧力の影響

砥石圧力による切削量の変化を示すと図7のごとくな

図7 砥石圧力の影響

る。この時切削条件は $\bar{v}=6\text{mm/mn}$, $\Theta=35^\circ$, $\tau=5$ 分で試料は $0.3\%C$ 炭素鋼, $1.1\%C$ 炭素鋼, ゲージ鋼であり砥石は GC #280 の $R_H 80$ である。なお各点は多数の実験による平均値を示してある。これから次のことがわかる。

(1) 切削量は大体圧力の1.2~1.3乗に比例して増す。

(2) $0.3\%C$ 炭素鋼と $1.1\%C$ 炭素鋼の切削量比は砥石圧力によらず大体一定で1.1~1.3であり、又 $0.3\%C$ 炭素鋼とゲージ鋼とのそれは6~7である。

(3) 砥石の結合度を $R_H 30$, $R_H 60$ とかえても切削量はあまり変らなかつた。

6. 実験結果に対する考察

一般に実際の超仕上量は前述の3.2の理論式による計算値よりかなり少くなる。それは3.2では超仕上作用を理想的な押し込み引つ掻きと考えたが実際の超仕上においては次の各項の影響が入ってくるからである。

(1) 3.2では静的な押し込みを基としたが実際には押し込みの時間短かく静的な p_m よりもむしろ動的な p_m を考えねばならない。

(2) 3.2では弾性回復は考えなかつたが実際には弾性回復の為に圧痕の曲率半径は圧子の曲率半径よりも大き

くなっている。

(3) 3.2 では砥粒の押し込みによつて生ずる 圧痕の体積全部が削り取られると考えたが 実際には砥粒の移動の際に左右に盛り上がりがおこり、圧痕の一部だけが削り取られるものと思われる。以下各項について少しく考察を加える。

(1) 動的な p_m について

3.2 では一定の時間をかけた静的押し込みの p_m を考えたが実際の場合は砥粒の押し込みは動的であり、しかも押し込み時間も非常に短いので動的な p_m を考えねばならぬ。この動的な p_m はショアー硬度試験により次式で求めることができる。

$$p_{am} = \frac{wg(h_1 - \frac{3}{8}h_2)}{V_a}$$

w : ショアー試験に用いた球の質量

g : 重力の加速度

h_1 : 球の最初の高さ

h_2 : 球の反ばつ後の高さ

V_a : 弾性変形を考慮しない見掛けの体積で圧痕の巾を b , 球の半径を r_1 とすると $\pi b^4/64r_1$ で表わせる。

Bowden はこの p_{am} は常に静的な p_m より大きく軟らかい金属ほど、衝撃速度の大なるほど大きくそれはエネルギーの一部がくぼみのまわりの金属の 動的な変位に使われるからであると説明している。そして実験の結果軟鋼では $p_{am} \approx 1.3 p_m$ であると述べている⁴⁾。故に我々の先の (3) (5) 式の中の p_m としては軟鋼の時約 3 割増しの p_{am} を用いなければならぬわけで (4) (6) の H_V も軟鋼の時は約 3 割増しの値を使わねばならぬ。

(2) 弾性回復について

理想的には弾性回復は考えなかつたが 実際の場合は当然弾性回復が考えられる。今圧子の半径 r_1 , 圧痕の回復後の半径 r_2 とすると Hertz の式により次式がなりたつ。

$$\frac{1}{r_2} = \frac{1}{r_1} - 5.54 \frac{q}{d^3} \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right)$$

こゝで q : 圧子にかかる荷重, d : 接触円直径, E_1 : 圧子のヤング率, E_2 : 試料のヤング率である。

Bowden の実験によると軟鋼では $r_1 = 0.5\text{cm}$, $q = 500\text{kg}$ の条件で $r_2 = 0.677\text{cm}$ 位になつてゐる。しかし (1) で述べた動的な p_m をショアー試験につて求めればこれは弾性回復の点も考慮されているのでこの (2) の項は別に考えなくてよいと思われる。

(3) 盛り上がりについて

3.2 では砥粒の移動による圧痕の体積が 全部削り取ら

れるとしたが実際の場合は 溝の両側への盛り上りが考えられる。これは普通の硬度試験においても充分加工硬化された材料について盛り上りを生ずることがわかつており、又単粒の引つ掻き試験によつて生じた溝を触針法や顕微干涉法で調べると明らかに盛り上りが認められる。すなわち我々の試料のような充分加工硬化を受けたものについては溝の両側への盛り上りが考えられ、従つて圧痕の体積の全部でなく一部のみが削り取られるわけである。普通の硬度試験の際の盛り上りについては二次元の場合は Hill, Lee, Tupper によつて滑り線理論による厳密な解が求められている⁵⁾。しかし一般の三次元の場合は充分な解が求められておらず 又引つ掻きの場合には一部削り取られるので更に複雑になるものと思われる。故に我々はこの盛り上りの影響を実験的に求めることにした。すなわち図 8 のように考え 3.2 の理論式の b_1 又は

図 8 単粒の切削模型 (盛り上りを含む)

b_2 は盛り上りの部分を含めた巾とし切削量の式としては (4), (6) の代りに次式をとることとする。

$$M_1 = C_1 \times 0.30 \rho \frac{L}{r} \left(\frac{1}{j} \right)^{1/2} \left(\frac{P}{H_V} \right)^{3/2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$M_2 = C_2 \times 0.59 \rho L \cot \varphi \frac{P}{H_V} \quad \dots\dots\dots (8)$$

こゝで C_1, C_2 は 1 より小で盛り上り係数と名付け次報で述べる超仕上抵抗の実験から 実験的に求めることができる。

さて一般に超仕上作用をわけると脱落型、目つぶれ型 脱落目つぶれ型になる。脱落型の場合は砥粒の脱落甚だしく従つて砥粒切れ刃はいつまでも鋭く この時の切削量は上述の (8) 式 (砥粒切れ刃が円錐状の場合) で求められる。目つぶれ型の場合は砥粒が目つぶれを起し切れ刃は球状に近くなりこの時の切削量は (7) 式 (砥粒切れ刃が球状の場合) で求められる。又脱落目つぶれ型の場合は最初砥粒切れ刃が鋭く 大体円錐状と考えられるが段々目つぶれを起して球状に近くなりこの時の切削量は (7) と (8) の和すなわち次式で与えられる。

$$M_3 = M_1 \times \frac{L_1}{L} + M_2 \times \frac{L_2}{L} \dots\dots\dots(9)$$

但し $L_1 + L_2 = L$ である。

これから超仕上作用が目つぶれ型の場合切削量は $P^{3/2}$, L に比例し $H_r^{3/2}$, r , $j^{1/2}$ に反比例すること又脱落型の場合切削量は P , L , $\cot\varphi$ に比例し H_r に反比例することがわかる。これらの関係を前節の実験で調べてみよう。

(1) 圧力の影響について

切削量は他の諸量一定ならば脱落型の場合は P に比例し目つぶれ型の場合は $P^{3/2}$ に比例するわけであるが実験結果は $P^{1.2 \sim 1.3}$ に比例している。これはこの実験条件では脱落目つぶれ型に属するものと思われこの時の切削量の式は (9) であらわされるとすれば説明がつく。

(2) 試料硬度の影響について

今 0.3%C 炭素鋼とゲーシ鋼とを比較してみる。0.3%C 炭素鋼の動的な H_r は大体 260 でゲーシ鋼のそれは 1000 と考えられる。故に他の諸量一定の時目つぶれ型の時は (7) 式から 0.3%C 炭素鋼の切削量とゲーシ鋼の切削量の比は約 8 となり又脱落型の場合は (8) 式からそれは約 4 となる。実験結果はこの比は 6~7 となっている。従つてこの場合もこの実験条件では脱落目つぶれ型と考えれば説明づけられる。

(3) r の影響について

(8) 式で時間と共に目つぶれが進むと r が大きくなると考えられるので切削量は漸減し、5.2 の実験と定性的な傾向は一致する。

7. 結 論

著者は新しい平面の超仕上法を考案し、この方法による平面の超仕上の際の切削量の理論式を求めかつ実験を行い種々の検討を行つた。それをまとめると次のごとくである。

(1) 平面の超仕上に工作物を振動し、カップ状砥石を

回転させる新しい方法を考案した。

(2) この工作物振動式超仕上は 大体円筒の超仕上の時と同じように考えて色々の条件をきめることができる。たゞし砥粒の数の多いことと砥石が不連続接触のため多少様子が異り例えば 臨界圧力が高く鏡面を得るために多少切削長を長くせねばならぬ。

(3) 砥粒切れ刃が球状をなすと考えると 切削量は次式で与えられる。

$$M_1 = C_1 \times 0.30 \rho L/r (1/j)^{1/2} (P/H_r)^{3/2}$$

(4) 砥粒切れ刃が円錐状をなすと考えると 切削量は次式で与えられる。

$$M_2 = C_2 \times 0.59 \rho L \cot\varphi P/H_r$$

(5) 超仕上作用は脱落型、目つぶれ型、脱落目つぶれ型にわけられ脱落型の場合は 砥粒切れ刃を円錐状とした時の式を又目つぶれ型の場合は 砥粒切れ刃を球状とした時の式を用いて切削量を求めることができる。なほ脱落目つぶれ型の場合は両方のまぎつたものと考えられこの時の切削量は次式で与えられる。

$$M_3 = M_1 \times L_1/L + M_2 \times L_2/L \quad \text{但し } L = L_1 + L_2$$

(6) 上述の切削量の理論式を使い切削時間、砥石圧力試料硬度などの切削量に及ぼす影響をよく説明することができる。

終りに当り御指導を賜わつた 東北大学佐藤教授並びに砥石について援助を受けた果製砥所に深く謝意を表する。(1956, 3月16日受付)

文 献

- 1) 佐田敏夫：中島研究報告, Vol. 7, No. 3 (1944)
- 2) D. Tabor : Proc. Phys. Soc., B, Vol. 67 Part. 3 (1954).
- 3) 4) Bowden & Tabor : The Friction and Lubrication of Solids (1950).
- 5) R. Hill : The Mathematical Theory of Plasticity (1950).