

研削仕上げ面粗さに関する研究

(仕上げ研削における, 同一点研削回数について)

中島 繁*・田中秀穂*

STUDIES ON THE ROUGHNESS OF GRIND FINISH SURFACES

Shigeru NAKASHIMA, Hideho TANAKA

In order to obtain well finished surfaces by grinding operation, it is of course desirable to repeat grinding several times without giving cutting depths on the same point of the works. The problem here is the extent to which the grinding operation should be done for the improvement of the working efficiency.

Generally speaking, the finish surfaces would not be improved above some grade according to the vibration of grinding machine and other various reasons.

The authors studied on the roughness with several sorts of materials (ST 180, SF 54, SS 34, FC 15 and FC 20) to be ground examining the influences of those reasons upon the finish surface.

As obviously shown in the graph, the roughness is in general indicated to be similarly stationary though accompanying more or less difference in quantitative measurement.

Up to 20 times of grinding, the influence of them was revealed considerable, while at the number above 20 times the roughness turned out showing no improvement.

The idea that the increased number would result good surfaces was found to be wrong, and also it was revealed to be against the working efficiency.

Accordingly the authors conclude their research results as follows:-

(1) When the same point of the material applied is given the cutting depth, the depths should be greatly affected, accordingly in that occasion the initial cutting should be made in a small size.

(2) The number of grinding on the same point is to be quite enough applying within some 40 times.

Received May 31, 1962.

1. 緒 言

研削仕上げにおいて, 良好な仕上げ面を得るには, 加工物表面の同一点を, 切り込みを与えず何回も繰り返して研削すればよいことはいうまでもないが, 作業能率向上のために, どの程度にすべきかということを知る必要がある。

一般に, 仕上げ面粗さは, 研削盤の振動, 砥粒の靱性の不均等, 砥粒切刃への溶着金属の付着等の原因によつて, ある程度以上には, よくならないものである。更に研削仕上げの最高の鏡面仕上げの場合には, なお大きな影響をおよぼす。

そこで筆者らは, 各種の被削材を, 種々の条件をかえて研削し, 上記の原因による影響を検討し

た。

2. 実験装置ならびに方法

研削盤	豊田工機製円筒研削盤
砥石	A-60-L-V } 日本陶器製 C-80-L-V }
砥石周速	1650 m/min 1750 r.p.m
研削液	湿式 30 l/min
被削材	ST 180 47φ×347 SF 54 47φ×347 SS 41 46.5φ×350 SS 34 47φ×350 FC 15 43φ×360 FC 20 44φ×360 ミーハナイ 鋳鉄 45φ×290
被削材回転数	64, 112, 200 r.p.m

* 機械工学科

粗さ測定 大越式表面粗さ検査機

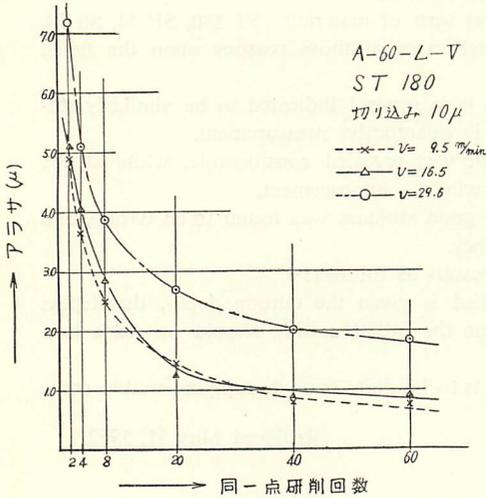
縦 3000倍, 横 50倍

TO式顕微干涉計

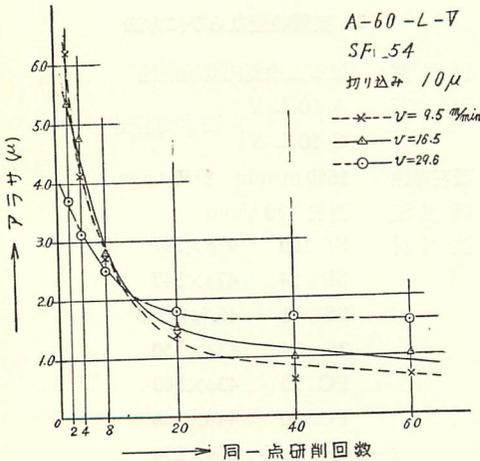
各被削材について, 最初切り込み, 10μ , 5μ の切り込みを与え, その後, 切り込みを与えず, 2, 4, 8, 20, 40, 60 の各回数だけ, 被削材の同一点を円筒研削し, かつまた, 被削材の回転数を 64, 112, 200 の各 r.p.m にかえることにより, その表面速度を変化させ, その各々の回転数ならびに研削回数 (C) 毎に, 面粗さ (H_{max}) を仕上面測定機により測定した.

3. 結果および考察

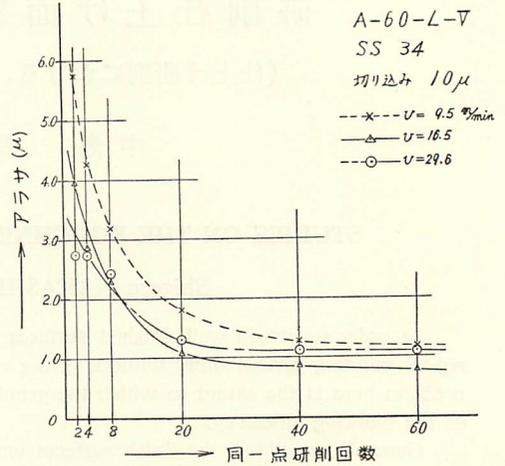
測定した数値を図表にすれば, 第1~14図の通りである.



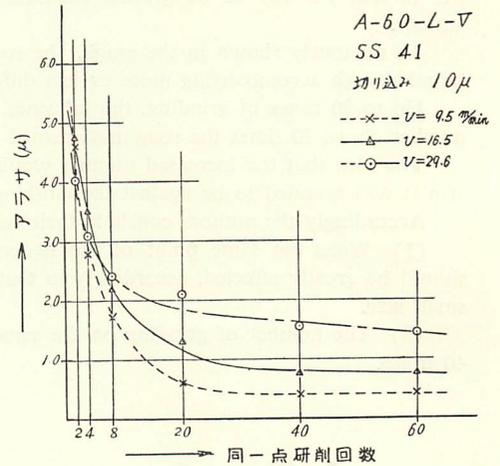
第1図



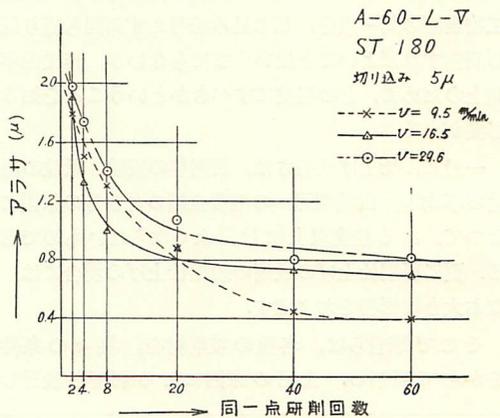
第2図



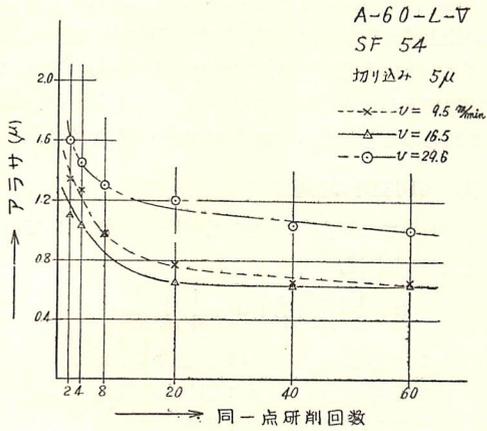
第3図



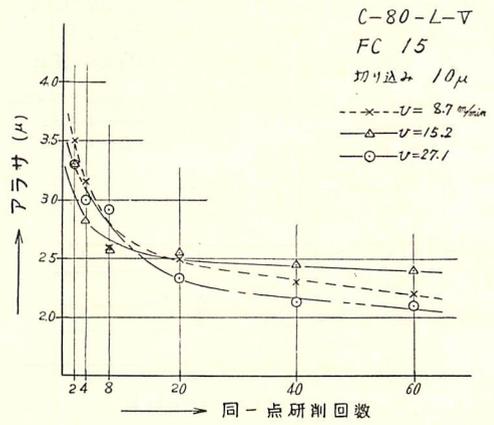
第4図



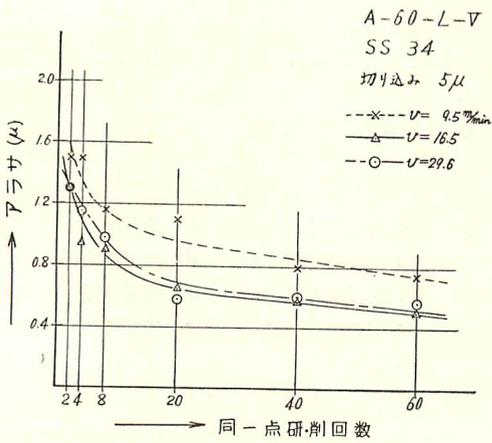
第5図



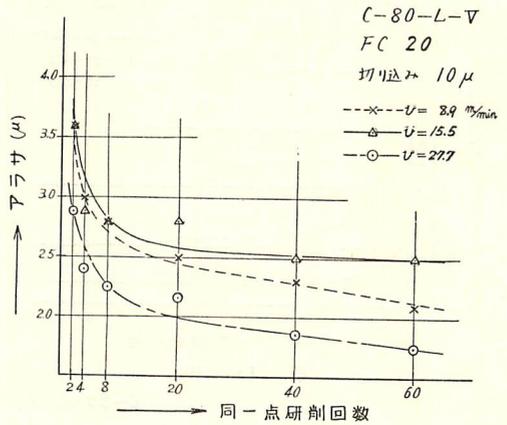
第 6 図



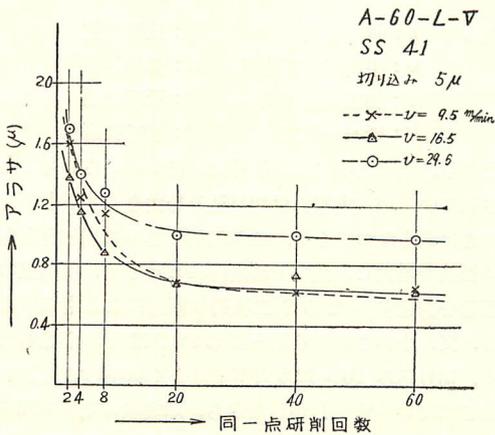
第 9 図



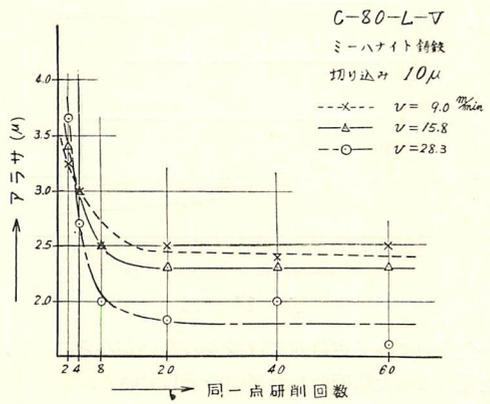
第 7 図



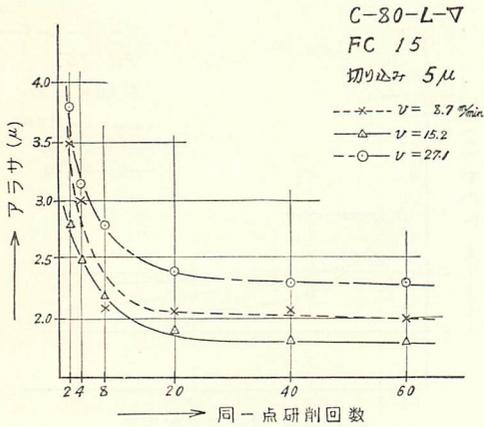
第 10 図



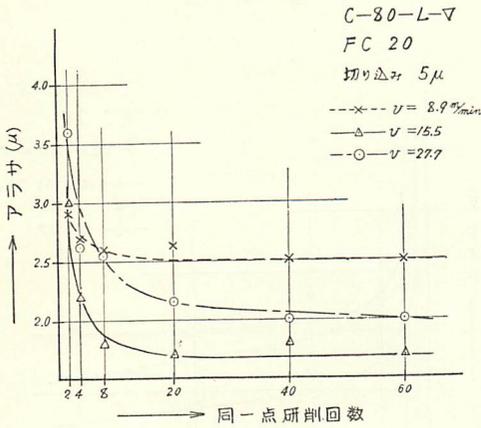
第 8 図



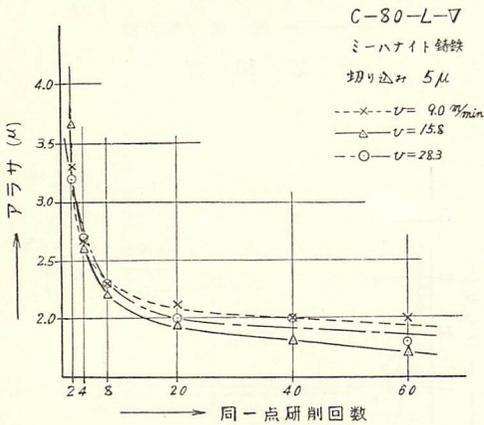
第 11 図



第 12 図



第 13 図



第 14 図

全般的にみて定量的には多少の違いがみられるが、定性的には大体近似した傾向を示している。

すなわち、同一点研削回数 20 回程度までは、研削回数による影響が大きい、それ以後は研削回数を増

しても、面粗さはさほど向上していない。このことはよい仕上げ面をうるために、唯むやみに研削回数を増せばよいという考え方は、誤った考えであり、又、作業能率向上からみても、不利なことを示している。

これらのことについて更に詳細に検討してみる。

(1) 切り込みの影響

研削面粗さに関する理論式は、円筒研削においては佐藤氏¹⁾によれば、

$$H = \frac{1}{8} \frac{r+R}{rR} \left(\frac{v}{V}\right)^2 a^2 + \frac{1}{4} \frac{k}{d_0} \frac{f^2}{E^2}$$

但し r : 加工物半径 a : 連続切れ刃間隔

R : 砥石半径 d_0 : 切れ刃直径

v : 加工物周速度 k : 比例常数

V : 砥石用速度 f : 送り

E : 砥石幅

なる式で表わされるが、これからもわかるように、面粗さは式自体としては、直接、切り込みには影響されない。

又、小野氏²⁾によれば

$$H = cw \sqrt{\frac{v}{V}} \sqrt{\frac{f}{E}} \sqrt{\frac{d+D}{dD}} \sqrt[4]{A}$$

但し c : 比例常数 E : 砥石幅

w : 平均切れ刃間隔 d : 加工物直径

V : 砥石周速度 D : 砥石直径

v : 加工物周速度 A : 切り込み

f : 送り

又、荻野氏³⁾によれば

$$H = (cw)^{1/3} (1-1/4n) \left(\frac{v}{V}\right)^{2/3(1-1/4n)} d^{1/4n} \left(\frac{1}{D} \pm \frac{1}{d}\right)^{1/3(1-1/4n)}$$

但し n : 研削回数 c : 比例常数

w : 平均切れ刃間隔 A : 切り込み

v : 加工物周速度 D : 砥石直径

V : 砥石周速度 d : 加工物直径

となり、切り込みによる影響は、極く小さいものとされているが、実際には切り込みを大きくすると、面粗さは悪くなってくる。これは切り込みの増加とともに抵抗が増大し、従つて研削面にビビリや、研削盤の振動を誘起するための二次的な原因によるものである。又、小さい切り込みにおいてはその心配もなく、切り込み 20 μ 程度以下では全く無視してもよいとされている⁴⁾。しかしながら、本実験の結果で明らかかなように(第1~8図)、A60 砥石にて研削した場合、C80 砥石にて研削した場合に比らべて、相当

に切り込みによる影響があるようである。

すなわち、最初切り込み 10μ と 5μ の場合を比較してみると、最初切り込み 10μ の場合は、 5μ の場合に比べて、同一点研削回数 8 回程度以下においてはカーブが急な勾配を示し、研削回数を増すに従い、大体一定値に落ちついてきてはいるが、研削回数の少ない間は、 5μ の場合に対して約 2 倍程度の粗さを示している。本実験においては、最初切り込みを 10μ 、 5μ の 2 つしかとらなかつたが、更に切り込みを大きくすれば、このカーブは急な勾配をもつことが予想できる。このことは、C 砥石に比して仕上げ用といつても、比較的粗い粒度のために、切り込みの影響があらわれたのである。従つてこのような場合、最初切り込みが大きいときは、当然、同一点研削回数も増さねばならないことが考えられる。

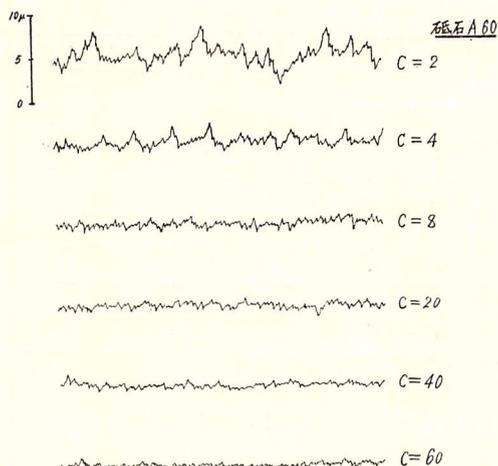
これに対して、C 80 砥石にて研削した場合、さほど切り込みの影響が出ていないのは、砥粒自体の性質によることも考えられるとともに、比較的粒度が小さること、被削材が鋳鉄のため、材質的にもろく、ねばりのないためと考えられる。

一般に仕上げ用としては、よく #60、#80 程度の砥石が用いられるが、#60 程度の砥石で、軟鋼などねばりのある材料の仕上げには、特に注意し、切り込み増加のための溶着金属の付着などさけねばならぬことで、唯 1 回で大きな切り込みを与え、あとを何回も研削するより、最初から小さいな切り込みを与えながら、所定の寸法に仕上げるか、あるいは能率向上のためには、最初大きな切り込みを与え、あと 1 回ごとに切り込み量を減じていくかの方法によることが賢明のようである。

第 15 図に、同一点研削回数による仕上面のプロファイルの一例を示す。

(2) 加工物表面速度の影響

加工物表面速度をはやくするという事は、作業能率向上のための必須条件であり、出来得ればはやくするに越したことはないが、面粗さの点からいえば、加工物表面速度の選定は、他の研削条件とともに重要な因子であるにもかかわらず、研削盤の振動とか、砥粒切り込み深さの増大とかのために制限され、理論的には大体砥石周速の 1/100 程度が推奨されているが、本実験においても、大半は 16 m/min 程度付近の表面速度がよい面粗さを示しているが、中にそれ以外の表面速度でよい結果を示しているのが 2・3 あるが、これは



第 15 図

作業条件（後述の外的振動）によるものである。

すなわち、振動の問題は研削盤自体による振動もさることながら、このような仕上げ研削になると、外的条件による振動の影響が大で、日中けん騒の中では外部の交通機関の走行による振動、他の機械の運転時の振動などの仕上げ面に与える影響、あるいは測定機の作動状態に敏感に感受するなど、夜中に行う実験は極端によく、この方面の検討も仕上げ課程にあつては、作業者も充分考慮あつて然るべきである。

(3) 研削回数による面粗さ向上率

研削回数の増加により、どの程度面粗さが向上するかを知るために、同一点研削回数 2 回のときの面粗さを基準にとり、4, 8, 40, 60 の各研削回数における面粗さと比較し、次式により計算し各研削回数ごとの百分率であらわし、これを面粗さ向上率と名付けた(第 16, 17 図)。

すなわち
$$\epsilon = \frac{H_2 - H_n}{H_2} \times 100(\%)$$

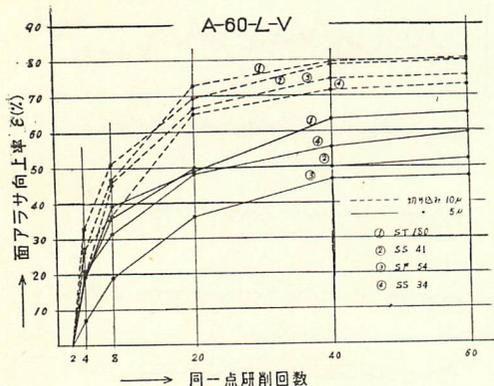
$$\epsilon = \text{面粗さ向上率} \quad H_2 = 2 \text{ 回研削後の面粗さ}$$

$$H_n = n \text{ 回} \quad "$$

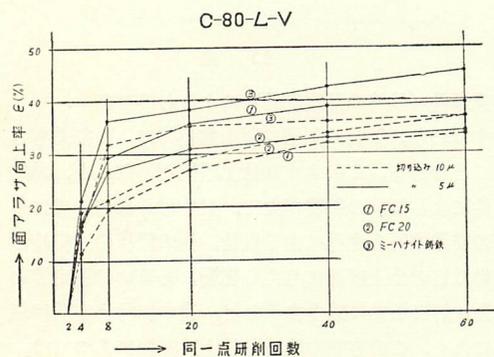
基準面として、2 回研削後の面粗さをとつたのは、唯 1 回研削後の面粗さを基準面粗さとしてとることは、加工面を超仕上げでもしておかぬ限り、前加工の面粗さが残っていることの不安を除くためである。

図からも明らかごとく、どの被削材についても、同一点研削回数の少ない間は (20 回程度まで) 比較的高い向上率を示しているが、同一点研削回数の増加につれて、それ以後は余り高い向上率を示していない。

A60 砥石の場合 (第 16 図) 一般に最初切り込みが



第 16 図



第 17 図

小さいければ、面粗さ向上率は定量的に小さい値を示しているが、これは面粗さが悪いというのではなく、いわゆる基準面となる面粗さが小さいために、全体としての向上率は小さいのである。したがって、より切り込みを小さくすれば研削回数による影響は更に小さくなるものと予想できる。ここで、前にも述べたように、一度に多く切り込むより、1回1回小さい切り込みで、研削して仕上げる方が望まれるゆえである。

切り込み 10μ の場合、同一点研削回数 20 回の面粗さ向上率は、最高 ST 180 の約 73%，最低 SS 34 の 65% であるのに対して、40 回研削後の面粗さ向上率は、最高 ST 180 の約 80%，最低 SS 34 の 72% となっており、40 回研削後の面粗さは 20 回研削後の面粗さにくらべて、平均約 7% の向上となっている。これを材料別にまとめてみると次表のようになる。

この表からもわかるように、比較的研削回数の少ない 20 回以下に於いては、A 60 砥石の場合、18% 前後から 20% 前後の向上率を示しているのに対し、60 回研削後の面粗さは 40 回研削後の面粗さに対して、

A-60-L-V

最初切り込み 10μ 最初切り込み 5μ

被削材	E_1-E_0 (%)	E_2-E_1 (%)	E_3-E_2 (%)	E_4-E_3 (%)	E_0-E_1 (%)	$E_{20}-E_1$ (%)	E_3-E_2 (%)	E_4-E_3 (%)
ST 180	20.5	26.1	6.6	1.2	20.5	9.5	14.8	1.4
SF 54	25.9	20.9	8.2	0.8	11.8	17.3	10.4	0.4
SS 41	18.3	18.0	9.8	0.8	17.3	14.0	0.1	2.4
SS 34	9.0	28.8	6.6	1.5	18.3	18.0	9.8	0.8

C-80-L-V

最初切り込み 10μ 最初切り込み 5μ

被削材	E_1-E_0 (%)	E_2-E_1 (%)	E_3-E_2 (%)	E_4-E_3 (%)	E_0-E_1 (%)	$E_{20}-E_1$ (%)	E_3-E_2 (%)	E_4-E_3 (%)
FC 15	8.8	7.1	5.0	1.7	12.8	6.4	3.2	0.6
FC 20	2.2	7.8	4.6	1.9	9.6	3.5	1.9	1.1
ミハシ研削剤	16.1	3.5	0.9	0.7	15.0	2.3	3.8	3.2

僅かに 1% 前後の向上しか示していない。

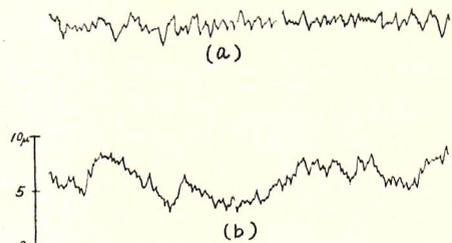
C80 砥石においては、一般に A 60 砥石の場合より低い向上率を示しているが、この場合でも A 60 砥石の場合と同じように、同一点研削回数の比較的少ない間は割合高い向上率を示しているが、60 回研削後の面粗さは、40 回研削後の面粗さに対して、大約 2% 前後の向上率しか示していない。

したがって、一般に仕上げ用として用いられる # 60, # 80 程度の砥石では、同一研削回数は 40 回程度以下で充分と思われる。

なお、A 60 砥石によつて比較的 C 80 砥石によるよりも、良好な仕上げ面が得られているのは、あらゆる研削条件が適当なためと思われるが、このことは一般にいわれているように、粒度の粗い砥石でも相当に注意し、また研削条件が適当であれば、良好な仕上げ面を得ることが可能であることを如実に示している。

(4) 砥石のバランスについて

次に砥石のバランスについての面粗さの影響を示すが、バランスの影響も大で、砥石の取り付け時には、充分注意して、バランススペースにより、静的バランスをとつて実験を行なつたにもかかわらず、時たま作業始めとかに非常に大きなうねりをきたすことがある。これは本実験においては、湿式研削であつたために砥石に浸透した研削液が、研削盤の運転休止中に砥石の下部にたまり、したがつてその重さのためにバランスをくづしたと思われる。これは作業者の注意すべきことで、作業開始前に充分の予備ナラシ運転を行ない、砥石の回転による遠心力でもつて、砥石内部の研削液を充分分散せしめた後、研削作業にうつるのが妥当であろう。第 18 図は同じ研削条件にて、研削したものとの比較である。すなわち、砥石周速 1650 m/min,



第 18 図

切り込み 10μ , 加工物回転速度 16.5 m/min にて研削したときの仕上げ面のプロフィールを示すが, a 図, b 図ともに粗さとしては大差ないが, b 図には大きなうねりがみられる。

4. 結 語

以上のことから, 次のことが考察できる。

(1) 仕上げ研削において, 加工物の同一点を何回も研削する場合には, 最初切り込みの影響が大である。したがって, 最初切り込みをなるべく小さいくす

る必要がある。

(2) 同一点の研削回数は, 40 回程度以下で充分である。

尚, 本実験は引き続き実施中である。

む す び

本実験に協力された久永国敏, 上原和男, 門田五男, 西中野克己, 堀内征克の諸君に謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 佐藤健児：切削理論 (1) p. 15
- 2) " " " 22
- 3) " " " 23
- 4) " " " 15
- 5) 精機学会編：精密工作便覧
- 6) W. R. Backer: Balancing of Grinding Wheels. The Tool & Manufacturing Engineer. 95 October 1660
- 7) 田中・斎藤：切削技術綱要