

燃料ポンプ・プランジャーの超仕上

竹 中 規 雄

益 子 好 三

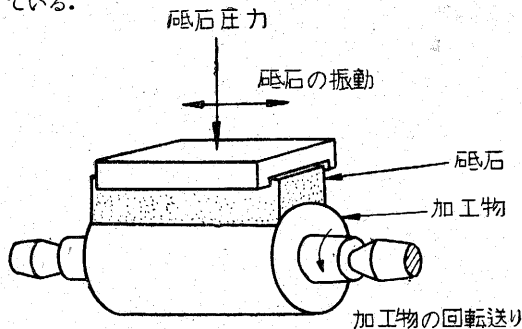
1. まえがき

超仕上工作法は粗さの小さい、耐摩耗性の良い面を極めて短時間に仕上げ得るので、各種機械部品の精密工物に應用されて來ており、それに關する基礎的研究も各所で行われている。¹⁾

本研究においても、昨年中に比較的外徑の小さい加工場であるジーゼル機關用燃料ポンプ・プランジャーにこの超仕上工作法を應用する場合の超仕上装置の設計製作および最適加工條件を選定するための實驗を行つたので、その結果を中心として超仕上工作法について述べることにする。

2. 超仕上工作法の原理

一般に從來から行われている切削および研削加工では、いずれも加工物に加わる切削力は單位面積當りでは極めて大きく、かつ多くは相當切削速度が高いために切削される部分が高温となり、加工物の仕上面に内部の組織とは異なつた加工變質層を生じており、このために耐摩耗性も悪くなつていとされている。なおこの場合には加工方向が一方であるために仕上面に方向性が生じている。



第 1 圖

超仕上工作法はこれらの缺點を除くために第1圖のように加工物の表面に砥石を比較的低い壓力 (0.5~2.0 kg/cm² 位) で押し付け、これに振動を與えつつ加工物に回転送りを與えて表面を切削する方法で、前加工によつて生じた變質層が削り去られ健全な結晶面が表れるから耐摩耗性がよいといわれている。超仕上作業を開始すると、最初は前加工の凹凸のために砥石と加工物の實際の接觸面積は極めて小さいために、單位面積當りの砥石壓

粗さの小さい、耐摩耗性のよい面を迅速に作る超仕上はプランジャーの精密加工を、ラッピングにくらべて 1/7 の時間でやつてのけるという。さてその作業條件と仕上げの進行過程は？

力が極めて高くなり砥石は目立て作用を受けつつ切削するために切削率および砥石損耗率はいずれも高く切削が急速に進行する。ある程度仕上面が平滑になる

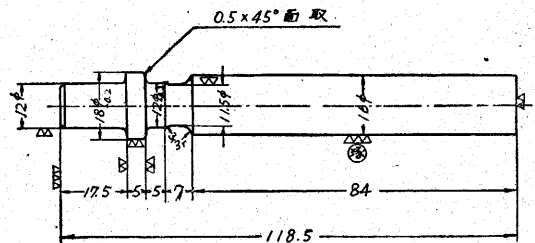
と、實際の接觸面積が増大するために砥石壓力が減少したことになり、砥石に對する目立作用が衰え、砥粒の鈍化および目詰りが起り、砥石損耗率および切削率は次第に減少し非常に小さな値となり切削作用がほとんど行れなくなる。仕上面の粗さもこれに伴い次第に小さくなりほぼ一定の値になる。すなわちこの状態で超仕上が完了したわけである。

この場合に、砥石の種類および加工條件が適當でないとき、砥石が常に目立作用を受け切削作用が引續いて行われ、仕上面の粗さが大きくなつたりあるいは前加工の條痕がとりきれない間に砥石が鈍化目詰りして切削作用が終了してしまつたりする。従つて加工物の材質、前加工面の粗さ等に應じて適當な砥石および加工條件を選定することが必要である。

なお作業中は切削液を豊富に供給し、切屑および砥石屑の洗滌ならびに加工面の冷却を行わせる必要がある。この切削液は超仕上の末期には砥石面と仕上面との間の潤滑劑としての役割を果していると言われている。

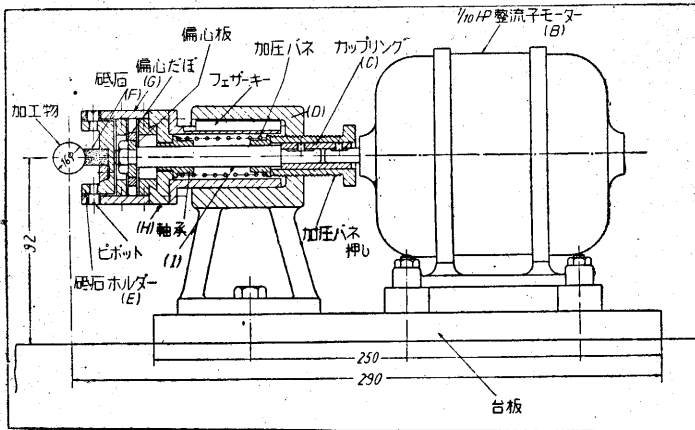
3. 加工物および超仕上装置

實驗の對象である加工物は、池貝館山製作所製ジーゼル機關用燃料ポンプ・プランジャーで、材質は特殊工具鋼第2種で、その形状、寸法は第2圖に示すものであり、この 16φ×84 の圓筒面を超仕上するのである。現在この部分は下地研削後ラッピング加工を行つており作業時間が長いために、生産能率向上のため超仕上工作法を適用しようとして試みたものである。加工物の熱處理後の硬度はロックウェルC目盛で平均 R_C=58.4 を示した。



第2圖 加工物の形状

この小型の加工物に対する超仕上装置としては、種々問題のある首振り型をさげ、平行振動型とし、小型旋盤（実験に用いたのは大隈鐵工所製 LH 型高速旋盤で、振り 310 mm, 両センチ間最大距離 550 mm）の往復臺の上部双物臺を取外してこれに取付け得るように設計した（第 3 圖）。（生産研究第 3 卷第 8 號口繪参照）。



第 3 圖 超仕上装置

構造は圖上より明らかであるが、簡単に説明すると：砥石は砥石ホルダーに取付け、これが上下のピボットによつて自由に旋回し得るように往復運動體 G に支えられている。往復運動體 G は鳩尾状案内によつて加壓部の前端 H に取付けられてあり、この加壓部の後部は圓筒形摺動部となつて支持體 D にはまり込んでいる。往復運動體 G は後方の整流子モーターの軸の前端に取付けた偏心板によりモーターの回轉に伴い水平に往復運動を行う。砥石壓力は圓筒形摺動部の内側にあるコイルばねによつて加えられその調整は加壓ばね押えにある調整ねじによつて行う。加壓部の圓筒形摺動部を支持體に對し一定の位置にくるようにこの装置全體を臺板を前方に送り込んで、砥石と加工物を接觸させた時のばねの力を calibrate しておけば、調整ねじによつて任意の力を加えることができるわけである。

4. 實驗方法

加工物に下地研削を施した後、まず縦送り（長手送り）を興えずに加工物の圓筒面を砥石の長さだけ超仕上げし、砥石の種類、砥石壓力、砥石振動數、加工物の回轉送り等が研削量、砥石の損耗、仕上面の粗さ等におよぼす影響を求め、その結果を検討した後適當と思われる條件の下に縦送りを興えてプランジャ全面の超仕上げを行うこととした。

焼入鋼に對する條件としては從來次の範圍が適當とされている。砥石は WA 砥料のヴェイトリファイド砥石で硬度は H~K, 粒度は 300 #~1000#. 砥石壓力は 0.5~1.5 kg/cm² (加工物の硬度の高いもの程大きくする). 砥

石の振幅は 1~4mm で振動數は 500~2000 cycle/min. 加工物の周速は砥石の運動と加工物の運動から合成される砥石の切削速度が 5~30 m/min 位になる程度がよいとされている。切削液は通常石油に 20% 位までスピンドル油を加えたものまたは 10% 以下のマシン油を加えたものを潤澤に使用する。

これらの條件を考慮し豫備實驗を行つた結果から、砥石は WA の 400 H, 600 H および 500 J を用いて實驗することとした。これらはいずれもヴェイトリファイド砥石でロックウェル H 目盛による硬度は、それぞれ 60.0, 55.5, 58.5 で 400 H が標準よりかなり硬いことを示した。砥石の切削面は幅 8 mm, 長さ 25 mm の寸法を選んだ。

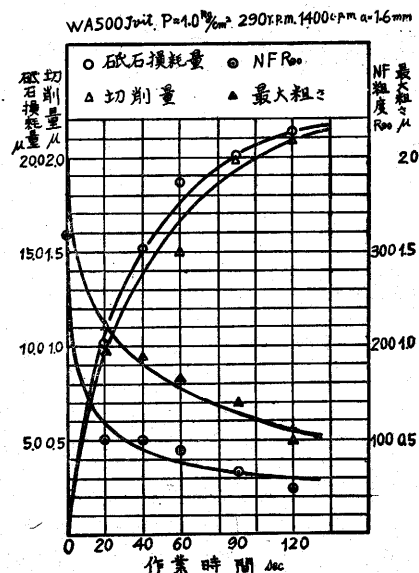
仕上面粗さは觸針法による日立式仕上面検査器と光線反射式の NF 粗度計を併用した。超仕上面のように良好な面に對しては觸針法は無理であるが、下地研削面から超仕上作業により面が良好となつていく過程を見るために參考として用いた。NF 粗度としては、超

仕上面上の條痕が加工條件により異なるので、加工疵に直角な方向から光を投射した場合の値に換算して比較した。²⁾

切削劑としては通常用いる通り石油を豊富に流下させた。

5. 超仕上の進行過程

まず超仕上の進行過程を實驗するために、同一條件で仕上時間を 20 sec~140 sec に 20 sec おきに變えて各時間の場合の超仕上の結果を測定した。實驗結果の一例を第 4 圖に示す。實驗條件は WA 500 J ヴェイトリファイ



第 4 圖

F砥石,加工壓力 1.0 kg/cm²,加工物回轉數 290 rev/min,砥石振幅 1.6 mm,振動數 1400 cycle/min で,最大交叉角は 53° になっている。

圖より明かな通り切削量は作業開始と共に急激に増加するが大體 60~90 sec 以後は次第に増加が鈍り,この例では 120 sec 以後はほとんど切削は行われず,砥石の損耗量も全く同様の傾向を示し,また仕上面粗さは最初に急速に小さくなり以後次第に減少するが 120 sec 以後はほとんど變化していない。このことは前述の通り最初は砥石が加工物の仕上面の凹凸の鋭い稜により目立てされつつ切削するために切削が進行するが,ある程度加工物の面の凸出部が削られると,砥石と加工物の實際の接觸面積が増加し従つて實際の砥石壓力が減少するために砥石の目立て作用が行われず,砥石が目詰りを起すかまたは砥粒の鈍化のために切削が進行しなくなることを示している。ただし,この實驗例では加工壓力が低いために下地研削の條痕がとりきれずにあるために仕上面粗さはやや大きな値を示している。

他の實驗條件でも大體同様の傾向が認められたので,以後の實驗では實用上の見地から作業時間を一定にして仕上結果を比較することとし 150 sec を標準として用いることとした。

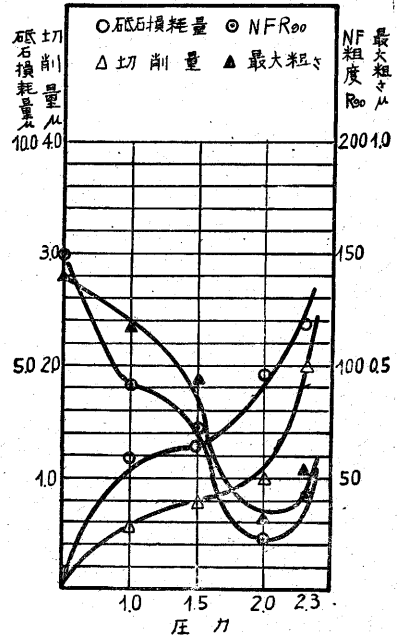
6. 砥石壓力の影響および作業條件の選定

砥石壓力は超仕上に極めて重要な影響をおよぼすので,種々の條件の下に砥石壓力のみを變えた實驗を多數行つた。そのうちの代表的なものを第5圖~第7圖に示

す。砥石の種類および砥石壓力以外の加工條件は前節の場合と同様である。

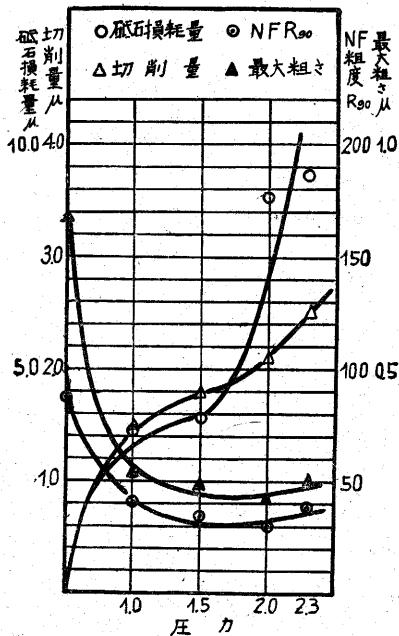
まず WA 400 H の場合は第5圖に示すように,砥石壓力の増加に伴い仕上面は良好となり,壓力 1.5kg/cm² 附近から上ではほぼ一定となり,それ以上の壓力の場合には粗さはかえつて大きくなる傾向にある。砥石の損耗

WA600H_仕290_{r.p.m}1400_{c.p.m}150_{sec} α=1.6mm



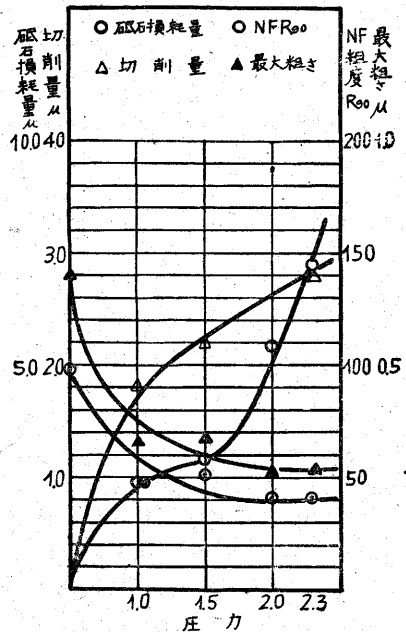
第6圖

WA400H_仕290_{r.p.m}1400_{c.p.m}150_{sec} α=1.6mm



第5圖

WA500J_仕290_{r.p.m}1400_{c.p.m}150_{sec} α=1.6mm



第7圖

量は圧力 1.5 kg/cm² 以上で急激に増大し、いわゆる臨界圧力の存在することを示しており、切削量もこれと同時に増加の度を高めている。

従つて超仕上条件としては臨界圧力以下でしかも仕上面の良好な点を選定しなければならない。

次に粒度の細い 600H の場合は第 6 圖に示す通り大體前圖と同様の傾向であるが、粒度が細いために圧力の低い場合には切削量および砥石損耗量共に小さく、また臨界圧力も 400H の場合よりやや高くなつてゐる。また仕上面粗さは圧力が低いと前加工の研削條痕がなかなかとり去られずにいるためにあまり良好とならず、圧力 2.0 kg/cm² ではじめてかなり良い面が得られ、これより圧力が高くなると仕上面はかえつて悪くなつてゐる。これは圧力が高いために砥石の目立てが引續いて行われ切削が進行するためと思われる。

500 J の場合は第 7 圖のように大體前 2 者の中間の成績を示している。

なお加工物の回轉數ならびに砥石の振幅及振動數を變えて行つた實驗結果から、大體この加工物に対しては加工物の回轉數は 290 rev/min、砥石振幅 1.6 mm、振動數 1400 cycle/min 位が適當なものと認められた。

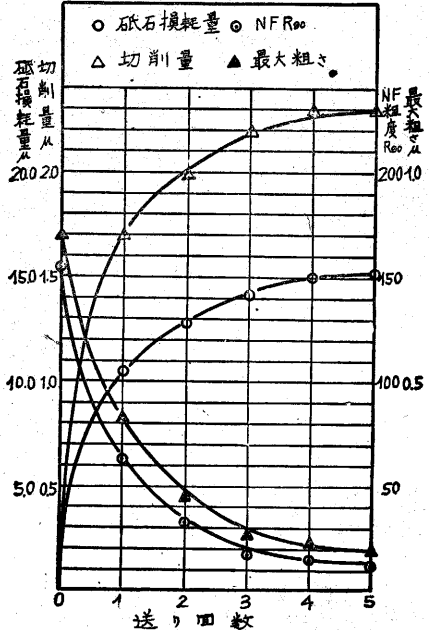
砥石は荒仕上を必要とする場合には 400 H、仕上作業には 600 H を用いば良い。また前加工面の粗さに應じて、粗さが 1.5 μ 位より大きい場合には砥石壓力を最初は 1.0~1.5 kg/cm² に、仕上工程では 2.0 kg/cm²、粗さが小さい場合には最初から 2.0 kg/cm² の砥石壓力で作業すればよい。

7. 縦送り(長手送り)に関する實驗

さて大體の作業条件が選定できたので、次に實驗の加工物の全長にわたり縦送りを與えて超仕上を行つた。加工の条件は、砥石 600 H、砥石の振幅 1.6 mm、振動數 14.00 cycle/min、送り 0.06 mm/rev. として砥石壓力を變えて實驗を行つたが、大體同一の傾向を示したので一例として砥石壓力 2.0 kg/cm² の場合を第 8 圖にかかげる。圖より明らかな通り、砥石壓力が高いために切削が急速に進行し 2 回目位で前加工の粗さは完全に取去られ超仕上作用による條痕のみとなり、3 回目位から砥粒の鈍化および目詰りが起り仕上面が次第に良好となると共にほぼ一定の状態に達する。切削量および砥石損耗量も仕上面の状態に相應し最初は急速に増大しているが 3 回目以後はほとんど變化してゐない。

なお砥石壓力が 1.0 kg/cm² の場合にも大體 4 回目以後はほとんど變化しないが、砥石壓力が低いため前加工の條痕がとり切れず仕上面は多少悪くなつてゐる。砥石壓力を 2.0 kg/cm² より高くすると、研削條痕が削り去

WA600Huit P=20^{kg/cm²} 290rpm 1400c/min 0.06mm/rev



第 8 圖

られた時に仕上面は稍良くなるが、それ以後は砥石の切削作用がはげしいために仕上面はかえつて悪くなつてゐる。

この實驗において、加工面上の一點の受ける加工時間は、1 回の送りに對して 80 sec であるから、3 回で約 250 sec となり、送りを與えない場合に比べて少し長くなつてゐる。また加工物 1 個當りの作業時間は約 15min になるがラッピング作業にくらべて約 1/6~1/8 程度に當つてゐる。

なおこの場合の超仕上作業前後の加工物の眞圓度および圓筒度の變化を測定したが、いずれも 1μ 以下で問題とする必要はなかつた。同時にこのことから前加工の精度は充分高くしなければならぬことが認められる。

8. あとがき

超仕上工作法を燃料ポンプ・プランジャーを例として述べたのであるが、この場合にも超仕上が極めて優秀な能率的な工作法であることが認められたわけである。種々な機械部品に對してそれに適應した超仕上装置を使用し大いにこの工作法を活用することが期待されている。なお充分研究すべき點は多々あるが、一應の目的のためには簡単な装置で簡単な作業法で充分成果があがることが了解されることと思ふ。(27. 2. 27)

文 獻

- 1) 淺枝: 東京工業大學學報特別號 A-3 (1952)
- 2) 淺枝, 河謨: 日本機械學會講演會 1948.4.1