ずらせば送りの横軸をそのままにして移動速度の数値を同じように1けたずらして読めばよいから、加工深さと移動速度とは広範囲に流用することができることである。また移動速度は U_0 の逆数に比例するから C_0 U_0 の値の小さいほど移動速度は大きいことも注意すべきである。さらに加工深さを一定にしておくとき送り hy_s が 2.0 以上になると移動速度がほとんど一定となり、一定の表面積の加工に対してノズル移動速度が送りに無関係となって送りを大きくすれば移動速度が小さくならなければならないという事実と相反するようであるが、これはある加工深さを与えるための送りとノズル移動速度との関係であって、 $hy_s=2.0$ を越えると送りの中間に位する部分の加工に不十分な所が残されるということを示しているものである。

数値計算例

実測の結果により吹付距離 $l=250$ mm に対して $h=0.06$ mm⁻¹ を得たとする (ν に直せば $\nu=25$ mm に相当する)。また軟鋼に対する実験結果から加工係数 $S_0=2.45 \times 10^{-4}$ を得ている。

$$C_0 = \frac{h^2 S_0}{\pi \sigma} = \frac{0.06^2 \times 2.45 \times 10^{-4}}{3.14 \times 7.8 \times 10^{-6}} = 3.6 \times 10^{-2} \text{ mm/kg}$$

所要の加工深さを $F(0)=0.005$ mm* とすれば

$$\frac{hF(0)}{\sqrt{\pi}} = \frac{0.06 \times 0.005}{1.772} = 1.69 \times 10^{-4}$$

したがって送り $hy_s=2.0$ とすれば $y_s=2.0 \div 0.06=33.3$ mm に相当し、これに対する $C_0 U_0$ の値は第 13 図から

$$C_0 U_0 = 1.65 \times 10^{-4}$$

となる。したがって

$$U_0 = \frac{1.65 \times 10^{-4}}{3.6 \times 10^{-2}} = 4.58 \times 10^{-3} \text{ kg/mm}$$

実測結果から $g_0=0.279$ kg/s であるから

$$v = \frac{g_0}{U_0} = \frac{0.279}{0.00458} = 61 \text{ mm/s} = 3.7 \text{ m/mn}$$

となる。

7. 結 言

空気式によるブラスチングについてグリットの分散に関する性質の一端を述べ、ノズルを移動しながら加工する場合における移動速度・加工深さ・送り等の関係を解析し、ノズルブラスチングによって一定深さの加工をすることは困難であることを指摘した。またこの解析によって得られた結果を車体外板のグリットブラスチングについて応用する方法を述べ、数値計算例を示した。

注:—

- (1) 昭和 28 年 4 月 3 日 第 30 期定期総会講演会において講演原稿受付 昭和 28 年 4 月 4 日。
- (2) 正員、鉄道技術研究所。
- (3) 広瀬正吉：グリットブラストによる加工法（第 1 報）、鉄道業務研究資料，9 巻 7 号（1952）。
- (4) 金井智一：砂吹作業に関する研究，第 120 回業務研究資料，国鉄大井工場（1951）。
- (5) ノズルを傾斜せしめた場合についての解析は次の資料を参照せられたい。
広瀬正吉：車体外板のグリットブラスチングにおける車体移動速度と送り量との関係，鉄道業務研究資料，10 巻 15 号（1953）。

* 国鉄大井工場調査課での実験によれば、新しい塗装に対しては加工係数 S_0 の値は軟鋼に対するものの約 15 倍であり⁽⁴⁾、密度を考慮に入れば加工深さについては同一量のグリットで 60 倍以上に及ぶものと考えられる。したがって $F(0)=0.005$ mm という値は、ペンキに対しては 0.3 mm 以上の厚さに相当する。

一方国鉄吹田工場においてこのような作業を実施しているが、吹工場では車体を約 4 m/mn の速度で移動しており、はく離されたペンキの厚さを平均すると 0.52 mm である。したがって $F(0)=0.0085$ mm がほぼこれに該当し、これから得られる移動速度は $v=2.2$ m/mn となる。この結果は実例とはなはだしく異なるようであるが、吹田工場の実施例では吹付角度が 45° であるから上の結果をそのまま適用することはできない。そこでこれにノズルを傾斜せしめたための修正を施せば⁽⁵⁾ $v=3.7$ m/mn が得られる。

621.923.74 : 669.14—156

超仕上式ラップ仕上工作法について⁽¹⁾

横山 武人⁽²⁾ 橋本文雄⁽³⁾

Research on Superfinishing Style Lapping

by Taketo YOKOYAMA and Fumio HASHIMOTO

The authors designed a lapping machine to lap any cylindrical surface or sleeve of case hardening steel. In this machine the work is put in rotation and oscillation. It changes the direction of the relative motion of the work and the lap, consequently it raises the efficiency of lapping, and gives a good finished surface, also simplifies the lapping. Then the direction of this relative motion of the work and the lap were changed systematically, and the authors measured the lapping quantities, and the finished surface was observed.

As the result of the experiment carried out, having a large change of direction of the relative motion of the work and the lap, the amount of lapping was noticed twice or more than that of the hand lapping, and gave better finished surface.

1. 緒 言

ラップ仕上工作法は工作物とそれにちょうどマッチする形状のラップとの間にラップ剤とラップ液とを介在させてそれらの相対運動により表面を仕上げる精密加工法の一つであり大越諄氏の研究⁽⁴⁾をはじめ諸氏の研究がある。筆者等は焼入鋼の円筒型外周面および内面の湿式ラップ仕上に際して、工作物とラップとの間にちょうど超仕上のような激しい方向変化を機械的に与えて従来のハンドラップ仕上と比較した結果、ラップ量は2倍ないしはそれ以上となり、かつ仕上面は非常に良好なものを得ることができた。この実験報告は特殊なラップ盤を考案して、工作物とラップとの相対運動を系統的に変化してラップ量を測定し仕上面を検査してラップ仕上の作業条件を検討したものである。

2. ラップ盤およびその機構

本ラップ仕上工作装置の要点を示すと第1図のごとくなる。図のなかで1はばねおさえ、2はばね、3はプーリーで工作物に回転を与える。5はカムで4のプーリーによって駆動せられ工作物に縦方向の行程の小さい高速の上下運動すなわち振動を与える。カムは偏心カムを使用した。6はチャックで、これにつかまれた工作物には回転と同時に振動が与えられるわけである。8はラップで9のラップホルダにはめ込まれ外側にはテーパがついている。これは7の袋ナットによって止められているが横方向には自由である。10の歯車につながれているハンドルにより手動によってラップはゆるい上下運動をさせることができる。

第 1 図

ーリーによって駆動せられ工作物に縦方向の行程の小さい高速の上下運動すなわち振動を与える。カムは偏心カムを使用した。6はチャックで、これにつかまれた工作物には回転と同時に振動が与えられるわけである。8はラップで9のラップホルダにはめ込まれ外側にはテーパがついている。これは7の袋ナットによって止められているが横方向には自由である。10の歯車につながれているハンドルにより手動によってラップはゆるい上下運動をさせることができる。

工作物とラップとの相対運動は重要な工作条件の一つであって工作物表面に対してラップはいわゆる多方向運動を行いしかもラップ上の接触面の一点は工作物表面の同じ路を二度通らぬようにして工作物の完全なすべり面を得ようとするのである。今工作物の回転運動と振動との組合せによってラップ上の一点が工作物の表面に描く運動の軌跡を考えると、カムに偏心カムを使用するならば従動節は完全な単一弦運動を行うので等速円運動をしている工作物の表面に描かれる軌跡は正弦曲線となる。工作物の回転数を $R \text{ rpm}$ 、振動数を $V \text{ cycle/mn}$ 、振幅を $e \text{ mm}$ とし、その直径を $D \text{ mm}$ とすると、この正弦曲線は次の方程式であらわすことができる。

$$y = \frac{e}{2} \left(1 - \cos \frac{2V}{DR} x \right) \dots\dots\dots (1)$$

上式においてラップの上下運動は緩慢であるから省略してある。いま $y=e/2$ の点を通して x 軸に平行線を引き、この正弦曲線と交る点のなかで隣り合せの2点においてこの曲線に接線を引くと、この接線の交角がラップの工作物の表面に描く細目の交角となる。この交叉角を θ とすると θ は次式であらわすことができる。

$$\theta = \pi - 2 \tan^{-1} \left(\frac{Ve}{DR} \right) \dots\dots\dots (2)$$

3. 実 験

試験片は第2図に示すごとき寸法の高速度鋼第1種を用いた。これを 1250°C で焼入し、 600°C で焼もどしを行い、表面かたさが

第 2 図

ロックウェル C 60 ないし 65 となったもので、ラップ仕上工作前には W. K. 100# のといしにて研磨仕上を行ってある。普通丸棒のラップ仕上には割ブシュをラップとして用いるが、このラップ盤においてもラップホルダで割ブシュをだいてラップ仕上を行う。ラップ仕上中に受けるラップの摩耗は割ブシュのテーパによって防ぎ、これによってまた丸棒の外径の工作精度を保つ。ラップの材質としてはねずみ 鋳鉄を用いた。ラッピングパウダは第1表に示すごとき種類を用

第 1 表

ラップ剤の 種 類	ホワイ ト アランダム				カーボ ランダム
ラップ剤の粒度	800#	1000#	1600#	2000#	1800#
ラップ剤の直径 μ	33~36	32~35	17~18	10~13	26~28

いて実験した。第1表中のラップ剤粒子の直径は2枚のブロックゲージの間に粒子をはさんで空気中で測定したものである。ラップ液としては 20°C でレッドウッド 500 秒のマシン油と、同じく 30 秒の石油の2種

類を用いた。ラップ剤、ラップ圧、ラップ速度などのラップ仕上作業条件に関しては、現在までに種々の研究⁽⁶⁾⁽⁷⁾および著書⁽⁷⁾があるが、この実験の目的を第1図のラップ盤を使用して最も能率のよい作業条件を求めることにおいて従来のラップ仕上と比較検討してみよう。

第 3 図

第3図はこのラップ盤を使用して各ラップ剤のラップ量を比較したものである。ラップ液としてマシン油を用い、ラップ剤の濃度はいずれも 30% で、工作物の回転数 1 000 rpm、振動数 2 000 cycle/mn、振幅 3 mm の条件である。横軸にラップ仕上時間をとっておおのこの時間におけるラップ量をプロットしたものである。次にラップ剤とラップ液との混合比とラップ量との関係を見るためにホワイトアランダム 1 000# のラッピングパウダについて実験すると第4図に示すごとくなる。ラップ液としてマシン油と石油の2種類

第 4 図

のそれぞれにラップ剤を混入する割合を、全体に対する重量比で 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75 % の 8 種類使用し、各実験値をプロットしてある。工作物は 1 000 rpm, 2 000 cycle/mm, 振幅 3 mm でラップ仕上時間は 5 分間の結果である。以上の予備的実験によ

れば、ラップ剤粒子の大きいほどラップ量は大きい。ラップ剤の種類が変ればラップ量も変化し、カーボランダムの方がホワイトアランダムよりも切削能率がよく、また湿式ラップ仕上においてはラップ剤濃度が 30% ないし 50% の時にラップ量が最大で、濃度 0% の場合すなわち油ラップの場合は鏡面を得ることができるが、ラップ量は最大ラップ量の 1% 程度であり、またラップ液としてはマシン油よりも石油の方がラップ量が大きいことがわかった。

次に振動数と回転数の組合せによるラップ量の変化および仕上面の状態を見るため工作物の回転数は 400, 500, 800, 1 000, 1 200, 1 500 rpm の 6 種類、振動数は 1 分間に 700, 1 000, 1 500, 2 000 cycle の 4 種類、振幅は 3 mm, 4 mm の 2 種類にそれぞれ変化せしめて実験を行った。これらの回転数、振動数の変化は第1図において 3, 4 のプーリーを変え、また振幅の変化は 5 のカムを変えることによって行い、ラップは手動によって送られる。

さてホワイトアランダム 1 000# のラップ剤をマシン油に 30% 濃度として用意し、以下の実験にはこれを使用するものとする。第5図は振幅 3 mm の場合のラップ仕上時間 3 分後における結果であり、同じく 5 分後における結果を第6図に示した。

第 5 図

第 6 図

図は横軸に工作物の回転数をとり縦軸にラップ量をとって各振動数のそれぞれについてラップ量を測定したものである。第5図、第6図にはそれぞれ従来のハンドラップ仕上を行い工作物の回転数を 200, 400, 500, 800, 1 200, 1 500 rpm の6種類変化せしめ、3分後、5分後におけるラップ量を測定しその結果を

第 7 図

第 8 図

描いてある。第7図、第8図はそれぞれ振幅 4mm の場合の3分後、5分後におけるラップ量である。以上の実験における数値は5本ないし10本の試料の平均値をとったものである。

4. 実験結果の検討

今(2)式より工作物の回転数と振動数の組合せから交角 θ を計算すると、 $D=6\text{ mm}$, $e=3\text{ mm}$ なる場合に振動数 2 000 cycle/mn ならばそれぞれの回転数に対しておおよそ 40° , 50° , 60° , 90° , 100° , 115° となる。第5図において 2 000 cycle/mn の曲線を見ると、この場合には 1 000 rpm の時に工作物上の引き傷の交叉しまの角度が 90° に近いので回転数の増加につれて 1 000 rpm まではラップ量が増加するが 1 200, 1 500 rpm の場合にはさほど増加していない。もちろんこの場合ラップ仕上速度は回転数の増加とともに速くなっているためラップ量は多くなる。今工作

物の回転数が大であり振動数の小さい場合を考えると工作物の表面に描かれる正弦曲線は波長の長いほとんど直線に近いものとなり、またその逆の場合極端な時にはラップは工作物の表面に縦方向の運動のみを行うような状態となる。すなわち(2)式より計算された θ が 90° に近いところの振動数と回転数と振幅の組合せで工作するとラップ能率がよいわけである。実験結果によると θ が 30° ないし 150° でラップ能率がよいが、 90° に近いところすなわち 60° ないし 120° で最良であった。またラップ仕上速度は速いほどラップ能率はよいが 1 500 rpm 以上の回転数ではマシン油を使用してもラッピングパウダが飛散して完全なる湿式ラップ仕上を行い難い。

仕上面に影響する因子としてはラップ剤の種類、ラップ圧の大きさ、ラップ仕上速度、ラップ剤濃度など多くの変数があるが、この実験を行った結果これらの条件が一定の場合にはラップと工作物との相対的運動に激しい方向変化を与えるほど仕上面はよくなった。振動数を増加せしめれば回転数を増加せしめるよりも仕上面は良好となり、かつラップ能率もよい。振幅は 3 mm と 4 mm の2種類しか行わなかったが、その仕上面に及ぼす影響はすこぶる大で振幅の大なる方が良好な仕上面を得た。交角 θ は 90° ないし 120° で仕上面の状態が最良であった。

この実験の場合のラップ圧はハンドラップ仕上と同様である。しかしこのラップ盤では最初ラップ仕上を始める時に工作物をつかむチャックでラップをたたいてラップホルダについている傾斜面によってラップが締めつけられてラップ圧を一定とし、ラップ仕上を始める。工作時間の経過と共に絶えずラップ剤を供給するので完全な湿式ラップ仕上を行いつつラップと工作物との間のすきまは増大する。すなわち、ラップ圧はラップ仕上工作時間の経過と共に小さくなる。ハンドラップ仕上ではラップ圧は常に調整しつつ行うのでここが異なる点である。ラップ圧がラップ仕上の進行と共に小さくなるので工作物の真円度、平行度はハンドラップ仕上またはラップ盤等による結果と比較して同程度もしくはそれ以上の良結果を得た。またラップ仕上前の研磨面の引き傷の深さは 3 ないし 5μ ぐらいであるので、ラップ量 5μ ぐらいまではラップ能率がよく、それ以上は悪くなった。そしてこの研磨時の工作精度のラップ仕上による補正はハンドラップ仕上と比較してこのラップ盤は優秀であった。

5. 内面のラップ仕上

以上は円筒面外周のラップ仕上を行ったのであるが第9図のごときテーパーを有する心棒(A)にラップ(B)をはめて穴のラップ仕上を行うことができる。すなわち第1図においてラップの部分に工作物を置き工作物をつかむチャックの代りにラップ工具を使用して内面のラップ仕上を行う。その実験結果は重複するの

第 9 図

で掲げないが第 5 図ないし第 8 図と同様の傾向である。この際にも従来のハンドラップ仕上と比較して寸法精度は容易に良結果を得ることができる。

6. 結 論

以上の実験はラップ仕上の際に多々ある問題を一応一定条件のもとにし、ラップと工作物との相対運動に実験の重点をおいて湿式ラップ仕上を行ったのであるがその結果を要約すると次のごとくなる。ラップ仕上の際にラップと工作物との相対運動に激しい方向変化を与えると作業能率は上り、ハンドラップ仕上と比較して 2 倍ないしそれ以上のラップ量となる。しかも

仕上面の状態はハンドラップ仕上の場合よりも良好である。そしてこの超仕上式ラップ仕上の工作条件は特に交叉しまの角度 θ が重要な条件要素となり、 θ が 60° ないし 120° でラップ能率がよく、 θ が 90° ないし 120° で仕上面は最良であった。また特に振幅および振動数は工作条件として大きな影響を及ぼした。

ラップ仕上の際には考えねばならぬ工作条件の変数が多く、特にこの実験では超仕上のごとくラップと工作物との相対運動に激しい方向変化を機械的に与えたりするのであらゆる方面から検討してその作業条件を決定せねばならぬがこれに対しても一応の結論を得たものと思う。

注:-

- (1) 昭和 26 年 6 月 30 日 関西支部第 175 回講演会において講演; 原稿受付 昭和 28 年 5 月 1 日。
- (2) (3) 正員, 浪速大学工学部。
- (4) 大越詩, 精密機械, III, 8。
- (5) 佐藤健児, 精密機械, XIV, 9, 10, XV, 5, 6, 7。
- (6) 佐々木外喜雄, 北秀夫, 外, 機械学会誌, 52 巻 363 号。
- (7) 重松光夫, ラッピング工作法, 昭和 18 年。

621.941.01

バイトのたわみに関するびびりについて⁽¹⁾

土井 静雄⁽²⁾ 加藤 仁⁽³⁾

On Chatter Vibration due to flexible Lathe Tool

by Shizuo Dori and Shinobu Kato

It was experimented on the cause of chatter due to flexible tool. This chatter was compared to the self-excited vibration which was caused by the variation of frictional force due to frictional speed.

It ascertained that the property of this chatter resembles to that of frictional vibration, but this chatter is not caused by the effect of cutting speed on cutting force, and it is considered that this chatter is set up by the same cause by which the chatter due to deflection of workpiece or of main spindle occurs.

1. 緒 言

旋盤作業中発生するびびりには、主軸のたわみに関するもの、バイト、被削材、歯車などに関するものがあり種類が多い。

本文はバイトのたわみに関係して発生するびびりについて研究したものである。このびびりについては Arnold, Chisholm⁽⁴⁾ の研究がある。それによると、このびびりはバイトの固有振動数にほぼ等しい振動数で振動し、刃先の上下振幅は削り速度に比例して増大し、ある削り速度で最大値となり、さらに速

度が増すと振幅は急に減少している。Arnold および Chisholm は、このびびりを削り速度が増すにしたがって切削力が減少するために発生する自励振動であると考え、乾性摩擦に基づく自励振動と同じ原因によって発生するものであると説明している。

本文はまず切削状態にもっとも近い状態での乾性摩擦に基づく自励振動についてその性質を明らかにし、次にバイトのたわみに関係するびびりの性質を確かめてこれを比較し、なお切削力と削り速度との関係を求めてこのびびりの発生原因を検討したものである。