旋盤の動的特性に関する研究 (第 2 報)

正 会 員 井 上 友 一*

Studies on the Dynamical Characteristics of Lathe

T. INOUE.

As a continuation of the previous research on lathes, we have studied the case similar to that when the free end of the work was supported by a dead centre.

1. 緒 論

旋盤を使用する際に、少し長い被切削物は心押し台のセンタで保持した状態で加工が行われているから、チャックだけで被加工物を保持したいわゆる片持ちの状態での研究のみで旋盤の動的特性を決定することは不可能である。それで今回は自由端をセンタで保持した場合に近い状態を被加工物に与え、前回と同じ測定器を利用し同じ方法で実験を行い、それに対する考察を加えると共に片持ちの場合と比較検討した。

2. 実験方法

既に発表したように実験に使用した回転解析用写真機では測定対象物の端面に反射鏡を固定しなければならぬので、旋盤に於て被加工物がセンタで保持された場合には原理的に測定不可能であるから、図 1 に示すように

図 1

自由端面を細くし、その位置に転り軸受をはめこれをかいて振れ止で固定した。この場合転り軸受の構造即ちセンタの構造が旋盤の剛性に及ぼす影響を調べるために単列球軸受、複列球軸受及びローラ軸受の三種類の転り軸受を用意し、それぞれの特徴を求めるようにした。

* 京都工芸繊維大学繊維学部

なお結果の比較を便利にするために被加工物は前報と同じ材料で同一寸法のものを使用し、銅球で荷重を加える装置も全く同じものを利用したが、今回は荷重を 30kg, 45kg, 60kg 及び 80kg の 4 段階に変化させ、回転数も大体 30, 72, 170 及び 400 r.p.m と 4 段階に変化させ、各軸受について加工位置を 3 cm づつ移動させて撮影し、その映像を解析し前報と同じ方法で相互関係を求めた。なお撮影した総数は約 540 枚である。

3. 測定結果

〔A〕被加工物の揺り

先に発表した方法で映像中心の水平方向位置及び垂直方向位置と加工位置との関係を各軸受について各速度及び荷重に対して求め、その一部を例示すると図 2 及び 図

図 2

3 のようになる(縦座標はフィルム面上での変化で示してある)。なお図に於ける各線図で横方向には同じ軸受で同じ荷重のものを列記し、縦方向には同じ回転数のものを並べてある(以後の線図も同じ順序で並べた)。図から考えて加工位置に対する座標の変化即ち荷重・荷位置が変化しても被加工物は殆ど揺まないことがわかる(ただ軸受が変化すると相対位置が変化しているのは軸受の

交換のために写真機が少し移動したため被加工物の撓みとは関係ない) 又 回転数に対する変化(片持ちの場合も殆ど変化はなかった)及び荷重に対する変化が全然認められない。即ち振れ止で被加工物の自由端を保持す

図 3

ば今回の実験程度では どちらの方向にも撓まないことが明らかがある。なお例示しなかつたが被加工物を回転させないで静的に 80 kg の荷重を加えてみたが感度が $1/100$ mm 程度のダイヤルゲージでは殆ど撓みは認められなかつた。勿論片持ちの場合とは 異りチャックの爪の影響は全然なかつた。

〔B〕被加工物の振動

先づ第一に一回転中の 楕円振動の大きさを調べる意味で影像円の最大半径と 最小半径の差即ち半径差と加工位置との関係を軸受毎に各条件について求め、その一部を例示すると 図 4 のようになる。図と前報のチャックのみ

図 4

で保持した片持ちの場合との関係から考えて 殆ど変化が認められない。しかし どの軸受の場合も数量的には表さなかつたが回転数が小さいと半径差は わずかに大きくなっている。又軸受の種類によつて わずかに差が認められる。即ち単列球軸受で最も少く複列球軸受で最大で

ある。なおいづれの場合も荷重の増加による 変化は片持ちの場合と異り殆ど認められなかつた。

次に微小振動について 考察すると、片持ちの場合に比べて大きな変化があり、又 自由端を支えた転り軸受の種類によつても大きな差が認められる。即ち 単列球軸受の場合は 実験が不可能になる直前まで(運転条件がきつくなると鋼球と 被加工物の間で火花が発生し、鋼球の摩耗が極度に早くなつて 実験を継続することが不可能になる) 殆ど振動現象を現さないが、複列球軸受 及びローラ軸受では 170 r.p.m. 以上の高速度になれば荷重が少くても振動現象が認められ、又荷重が 80 kg 以上になると低速回転でも振動現象が現れている。なおいづれの場合もその振動方向が片持ちの場合が 上下振動のみであつたのに対して、図 5 で あきらかなように全周にわたつて振動

図 5

が認められる。(図の A の場合は全然振動していない例であるから比較すれば明かである) ただ 単列球軸受の場合のみがわづかに上下振動の方が強くあらわれている。このように 自由端を支えたために 振動方向が変化したのは 自由端を支えたために 被加工物の自由度が減少したためであると考えられる。上記の振動現象が認められる場合は加工位置に関係があり、どの軸受に於てもチャックから 10~12 cm 以内の場合にのみ振動が認められ、軸受で支えられた附近に於ては 今回行つた実験の範囲内では如何なる 条件の場合も 振動現象は 全然 認められなかつ

た。上記の外に片持ちの場合の振動現象と著しく相違する点は振動数の変化である。即ち片持ちの場合には被加工物に加えられた荷重の大きさ、回転数及び加工位置等には殆ど関係なくほぼ一定であつたが、表1（振動現象

軸受の種類	荷重 kg	回転数 rpm	加工位置	振動周期
単列球軸受	80	170	6 cm	$54\frac{5}{6}$
	30	"	3	$57\frac{5}{6}$
複列球軸受	30	"	0	$54\frac{5}{6}$
	60	400	3	$54\frac{5}{6}$
	30	72	6	$53\frac{5}{6}$
ローラ軸受	30	170	6	$55\frac{5}{6}$
	45	400	3	$55\frac{5}{6}$
	60	260	3	$55\frac{5}{6}$

表 1

の種類、荷重の大きさ、加工位置及び回転数に関係なく影像円上に於てその振動波形の周期がほぼ一定である。即ち本実験のように自由端を転り軸受で固定した場合は被加工物の振動数は回転数に比例して増加することが明らかである。しかし荷重の大きさ及び加工位置の変化によつて振動数に変化が起らない点は片持ちの場合と全く同じである。その他の点で片持ちの場合と異なる点は、複列球軸受の場合にはつきり認められたが（ローラ軸受の

が認められたものの中から数例を任意に選んで示したものである）で明らかなように軸受

影像に振動があらわれていても上記のようなだれは発生しなかつた。ここで本実験に使用した旋盤の歯車系を示すと図6（図の歯車の上に書いた数字は歯数を示したものである）の如くである。これとだれの数（被加工物の振動数）との関係を比較してみると両者の間に直接関係があるとは思われないが、前述のように本実験では回転数に関係なく影像円上の波形の周期が一定である点及び振動数が自由端を支えた軸受の種類に無関係な点等から考えて主軸に固定された歯車の歯数に関係のある周期で被加工物が振動していると考えるべきで回転系の固有振動数とは無関係のように思われる。なを直接振動現象とは関係ないが複列球軸受で自由端を支えた場合のみ被加工物の表面が非常に光沢を帯びヘールバイトで加工した場合（図1で振れ止の附近とチャックのすぐそばがヘールバイトで加工したままの状態である）よりも更に光沢がよくなっている。この現象は複列球軸受のために被加工物が他の軸受で支えられた場合よりも撓みやすく、影像円上にも表われない程度の微小振動を起し被加工物に振動圧延作用を与え、そのために光沢を帯びるようになったものと考えられる。

〔C〕 被加工物の歳差運動

既に発表したように回転体の歳差運動量は影像円の平均半径の大きさに決定されるから各影像円の半径を30°

図 6

場合もかすかに認められたがあまりはつきりしない）前出の図1で明らかなように荷重が45kg以上になるとチャックに近い側で被加工物にだれを生じ表面にうろこ状の模様が発生した。そのだれが発生する場合は回転数や荷重の大きさ等には関係なくほぼ等間隔に全周にわたつて発生し、その数は大体42〜45個位である。この値は表1の振動数よりも若干多いが大略一致している。更に上記のだれは前述のように影像の上で振動の発生が認められた位置で特にはつきりしているが複列球軸受以外では

図 7

おきに測定し、その平均半径を求め各条件毎に加工位置との関係を求め、その一部を例示すると図7のようになる。この図と前報で発表した片持ちの場合の同一線図とを比較してみると加工位置の変化による差は殆どないものと考えられる。又どの軸受に於ても回転数及び荷重の変化に対する差も殆ど認められない。即ち自由端を転り軸受で支えた場合には被加工物は歳差運動を殆ど行わないものと考えられる。

〔D〕 その他

今迄に自由端を支えた転り軸受の種類の差による被加工物の運動状態の変化についても検討してきたが、それ以外の大きな相違点として加工条件の限界が考えられる。即ち単列球軸受では 60kg で 260r.p.m, 80kg で 170r.p.m 以上は不可能である。これに対して複列球軸受では 60kg で 400r.p.m, 80 kg で 260r.p.m も可能である。なおローラ軸受では両者のほぼ中間位と考えられる。要するに被加工物に与えられる P.V 値を考えると複列球軸受がすぐれているけれども、前にも述べたように振動の面から考えると単列球軸受の方がはるかにすぐれていると考えられる。

4. 結 論

以上の実験 及びそれに対する考察から主な結果をまとめてみると大体次のようになる。

1. 自由端を転り軸受をかいして振れ止で固定すると回転数、加工位置及び軸受の種類等に関係なく被加工物は殆どどちらの方向にも跳まない。
2. 軸受の種類に関係なく被加工物が振動する場合は、片持ちの場合が上下振動のみであつたのに対して回

転数や荷重には無関係に全周にわたる振動が認められる。

3. 片持ちの場合にはその振動数が大略回転系の固有振動数に一致していたが、今回は加工条件の如何にかかわらず回転数に比例した振動数で振動している。なお同一回転数の場合には荷重の大きさ及び加工位置に関係なく振動数は一定であつた。

4. 歳差運動はこの場合殆ど認められなかつた。勿論荷重の大きさや回転数等の変化による差もなかつた。

5. 自由端を支えた転り軸受の内で、P.V 値で考えると複列球軸受がすぐれているが、振動の面から考えると単列球軸受が最もすぐれている。

(1957, 4月8日受付)

参 考 文 献

- 1) 井上友一：精密機械，23巻3号，旋盤の動的特性に関する研究（第1報）。
- 2) 佐々木，井上：精密機械，22巻11号，滑り軸受の動的剛性度に関する一考察（第4報）。

高 温 切 削 の 研 究 (第2報)*

被削材の機械的性質に及ぼす温度の影響

大 越 諄** 飯 田 喜 介** 尾 関 和 夫***

Researches on Hot Machining (Part 2)

The Influence of Temperature on Mechanical Properties of Work Material

Makoto OKOSHI, Kisuke IIDA and Kazuo OZEKI

Mechanical strength of paraffin, used as work material for hot machining, is decreased by heating from 9.03×10^{-2} kg/mm² at 11°C to 0.66×10^{-2} kg/mm² at 40°C for shearing strength and from 23.5×10^{-2} kg/mm² at 7°C to 1.1×10^{-2} kg/mm² at 40°C for compressive.

The coefficients of friction between paraffin and tool material (H.S.S.) are changed from 0.41 to 0.25 by heating to 44°C from 9°C and have the minimum value at 25°C. In high temperature paraffin tends to be adhesive.

1. 緒 言

前報では paraffin を被削材として用いた場合の温度上昇に伴う切削機構の変化について述べたが、本報では

之に引続き paraffin の温度上昇に伴う機械的性質の変化及工具材との間の磨擦係数の変化について述べる。

機械的性質が温度に依り如何に変つてゆくと云う事は切削機構と関連して意義あるものであるが、更に此の結果から切削理論に依り切削抵抗を求める事が出来、高温切削を研究する上に於て重要な要素の一つであると考えられる。

* 昭和29年4月24日精機学会春季講演会にて発表

** 東京大学工学部

*** 日本精工株式会社