 研 究

真円精度測定台の試作

須 田 稔*

Der Versuch der Herstellung des Rundheitsmeßinstrument

Minoru SUDA

Die Messung der Rundheitsgenauigkeit des Werkstückes wird bisher hauptsächlich mit dem an einem Meßpunkt des Werkstückes, das zwischen den beiden Kegelspitzen behalten wird oder auf der V-Nute gelegt wird, berührten Mikrometer, und bei der einheitlichen Winkels Umdrehung des Werkstückes gemessen.

In diesen Methoden, bei der Beidekegelspitzenmethode ist es nötig daß man die Berichtsrechnung des Exzenterkreises rechnet, und die Messung des kein Kegelförmige Loch habenden Werkstückes unmöglich ist. Bei der V-Nute brauchenden Methode kann man die Messung des regelmäßiger Unrund ausgearbeiteten Werkstückes annähernd tun, aber die Messung des unregelmäßiger Unrund abfertigen Werkstückes unmöglich ist.

Deshalb habe ich von neuem ein im Kreis bewegendes tischartige Rundheitsmessinstrument hergestellt, das in höchsten Genauigkeit umdrehen kann, und die Regelung der zwischen dem Umdrehungsmittel des Meßinstrumentes und dem Werkstückmittel bleibenden Exzentrizität und nochmal die Eingreifen sowie die Wegnahme des auf dem Instrument legenden Werkstückes leicht behandeln kann.

Folglich damit die Messungen des gleichgemessenen vielen Werkstückes günstig ist, und folgenden gute Ergebnisse bekommen hat.

Die Umdrehungs Genauigkeit des Instrumentes ist im Vergleich mit dem Talyrond Rundheitsmessinstrument 0.059 Mikron, und die Regelung der Exzentrizität wird innerhalb des 0.1 Mikron weniger als 10 Minuten behandelt.

1. 緒 言

従来真円精度の測定は被測定物を両センタ間に支持し、又はV台に載せて被測定物の周辺に測微計を接触させ、工作物を1定角度ずつ回転しながら各々の回転角に応ずる工作物周辺の振れを読み取ることによつて行われている。これ等の測定方法のうち両センタを用いて測定する場合には、被測定物の歪円形状をしらべるのには好都合であるが、両センタと各々の被測定物のセンタ孔との接触部分を正確に真円に保つことは困難であり、又測定箇所とセンタ孔とは一般に同心ではないので、測定後必ず偏心量の補正計算を行わねばならない。又心無研削を行つた工作物、或は球のようにセンタ孔を有していない場合には、この方法によつて真円精度の測定を行うことは出来ない。V台を用いる測定方法では両センタ法の場合のように被測定物にセンタ孔を必要とすることな

く、又偏心量の補正計算を行う必要もないので測定は容易であるが、被測定物の歪円の形状が3, 4, 5角等のよく知られている等径、又は異径歪円に仕上がった場合には、それぞれの歪円の形状に従つてV台の角度を選定して測定し、それ等の測定値にV台の角度と歪円の形状によつて定る特定の係数を乗じることによつて実際に近い工作物の真円精度、ならびに歪円の形状を定めることができる。

しかし被測定物の歪円形状は上述したような規則的な形状に仕上られることは稀であつて、一般には不規則で複雑な形状の場合のほうが多く、そのような工作物ではV台によつて真円精度測定の目的を達成することはできない。

従つて精密仕上を行つた機械部品の真円精度測定上のこれ等の困難を解決するためには、高精度で回転することのできる測定台の上に被測定物を固定し、その周辺に測微計の測定子を接触させて行ふか、或は最近英国の

* 東京工業大学 正会員

Taylor & Hobson 社で製作した Talyrond 真円精度測定器のように、被測定物はテーブル上の定位置に固定し、高精度で回転する軸にとりつけた測定子を被測定物の外周、又は内周に接触させて測定する他はない。

そのために新たに高精度で回転することができ、而も被測定物の中心と回転の軸心との偏心量を容易に調整することのできる真円精度測定台を試作し、これと真空式空気マイクロメータの原理にもとづいた高感度の測微計を併用することによって、真円精度の測定に関して良好な成果をおさめることができた。

2. 測定台の構造

一般に軸と孔との嵌合によって軸、又はそれに嵌め合された部分の回転精度を 0.1μ 程度に確保することは容易ではない。試作した真円精度の測定台ではテーパ軸と

図 1

それに嵌合する測定台のテーパ孔とを良質の工具鋼を用い、最終の硬度が Rc60 程度になるように焼入、ならびに熱処理を完全に行った後両者を精密に仕上げて嵌合しその目的を達成することができた。

図 1 は試作した測定台の構造を示し、図において 1 はテーパ軸、2 はテーパ孔を有し、軸 1 と嵌合した状態で測定台の軸受部分を形成するブッシュ、3 は測定台、4 は真空式空気マイクロメータの測定子、5 は測定子の位置を微動調節するための偏心ダボ、6 は測定台回転用のウォーム、7 はウォーム 6 と噛合うウォーム車である。8 は図に示した断面の個所が偏心に仕上がられ、その 1 端に

ハンドルを固定した軸、9 は連桿、10 はコイルばね、11 は測定台に対し上下方向にのみ動くことができ、測定中には台と一緒に回転し、而も連桿の 9 との連結部では連桿 9 に回転力を伝えることなく、先端がテーパ状に仕上がった軸でコイルばね 10 によって上方に押上げられている。12 は下端が軸 11 のテーパ部に接触し、上端は測定台の三方に配した被測定物を固定するための爪の下側に接触し、軸 11 の上端のテーパ部が上方に移動した際に、それぞれの爪を測定台の中心に向つて同時に寄せるように作用する挺子、13 は上端内側に図に示したようなエッジを有し、挺子 12 の支点をなしているブッシュ、14 は上記被測定物を固定するための爪、15 は爪 14 を測定台の外側に開くように作用するリング状のばねである。

このような構造を有している測定台によって工作物の真円精度を測定する場合には、図に示した軸 8 が図の状態より半回転し、偏心の中心が軸心の下側になった場合に、軸 11 は下降して軸上端のテーパ部と挺子 12 との間には隙間を生じ、爪 14 はリングばね 15 によって測定台の外周に向つて各々約 0.5mm 開く、この際爪の開きは僅かであるが、被測定物の大きさに応じて爪の位置はあらかじめ挺子 12 の接触部と 1 体をなして動き得る摺動部の上で、ブロックゲージによって定められた定位置に固定され、このような爪の僅かな開きによつても被測定物の着脱に必要な隙間は充分に与えることができる。ついで被測定物はこのように爪が開いた状態で測定台の中央に載せられ、軸 8 を更に手動によつて半回転逆転して旧位置に復すると、測定台の 3 方向に配した爪 14 は軸 11 のテーパ部が上方に復帰した際に挺子 12 によつて台の中心に向つて同時に寄せられコイルばね 10 によつて締付力が作用し、被測定物を定位置に確実に把持することができる。その際爪 14 は台の中心方向への動きを途中で制止されることになるので、軸 11 も途中で停止し、連桿 9 との間には隙間を生じるので測定中軸 8、連桿 9 が台の回転精度に対して支障を及ぼすことはない。又このような被測定物の着脱を行う部分で製作上特に入念に仕上げを行った箇所は爪の案内摺動部ならびに軸 11 の嵌合部分であつてそれぞれの嵌合の遊隙は出来得る限り少くするように配慮した。

図 2 は被測定物を測定台上に取りつけた状態を示し、1 は被測定物、2 はチャックの爪、3 はブロックゲージ、4 は 1 対の偏心量微小調整用のねじ、5 は板金、6、7 はそれぞれ板金 5 ならびに爪 2 の位置ぎめ用のねじである。被測定物の位置ぎめは各々の直径に応じて板金 7 と

爪2との間に適当な厚みのブロックゲージを選定し組合せて押し、台の中心に対する爪の位置を調整すると共に、被測定物の中心と台の回転の中心との偏心量を $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 程度に合わせることは容易にできる。被測定物の着脱は上述したように測定台の3方向に配した爪が調整ねじ、ブロックゲージ等と共に1体をなして約 0.5mm 測定台の半径方向に連動して開閉し得るので容易に行うことができる。

従つてこのような方法では外径が

等しい多数の工作物の測定においては、ブロックゲージの組合せをその都度かえる必要はなく、図3に示した測定台の前側下端のハンドルの操作によつて容易に着脱を行い得るばかりでなく、その際3方向の爪は互に同時に一定量だけ台の半径方向に動くので、被測定物の中心は着脱毎に僅かに $1 \sim 2\mu$ 程度のずれを生じるのみである。

又回転の軸心に対する測定台の直角度の調整は台の下側で 120° の間隔に配した1コの球と2カ所の調整ねじによつて行い、回転の際の台の上下方向の振れは最大 1μ 以内におさめることができた。

図 3

図3は上述した測定台において片側にフランジの部分有している工作物について真円精度を測定している場合の全体図を示し、測定台の回転は図の後方の小型モータ

タによつて行い、操作の簡単なスイッチによつて一定の角度ずつ回転しながら、各々の測定点において台が静止した状態で測定値を読みとり計測を続ける。

3. 偏心量の調整

次にこのような測定台で工作物の真円精度を測定する場合には、上述したように被測定物の中心ができるだけ測定台の回転の中心と一致していることが望ましい。しかも実際に測定を行う工作物の真円度は研削仕上の場合には 1μ 前後のものが多く、場合によつては転り軸受の球のように 0.5μ 以内に仕上られる場合も珍しくない。従つてこのような高精度の工作物の真円度を出来れば測定値のままで、偏心量の補正計算を行うことなく定めることができ、測定値にもとずいた歪円図形もそのまま円形グラフに記入してしらべることができるためには、上記被測定物の中心と、測定台の回転中心との偏心量は $0.1 \sim 0.2\mu$ 以内におさめることが必要である。

図 4

図4はこのような偏心量の調整を上述したブロックゲージによる $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ 程度より、更に微小量の調整を行うための機構の説明図であつて、図においてO、O'は被測定物の中心、a、bは図2で説明したチャックの爪、および板金の締付ねじの位置を示し、これ等のねじは軽くしめつけた状態になつていたので、爪ならびに板金はa、bを中心に1対の調整ねじによつて僅かな角度だけ傾けることができる。又c、c'は爪の端面と被測定物との接触個所を示す。

図4の(I)はこのような関係において、被測定物に対する爪の端面がa、bを結ぶ直線に対して直角である場合、(II)は同じく爪の端面が1対の調整ねじの1方を緩め他方を締めることによつて(I)の状態より或る一定角度 θ だけ傾いた場合であつて、いま簡単のために工作物

を取りつけた状態で3つの爪のうち2個所の爪の位置はある一定の締付力が作用したまま自由に動き得るものと仮定し、残りの1カ所の爪が図の(I)の場合から(II)の状態になった際に、被測定物の中心のX-X方向の変位 ΔX を考える。図において点aと被測定物の中心とのX-X方向の隔りは、図の(I)の場合を L_1 、(II)の場合を L_2 とすると、

$$\begin{aligned}\Delta X &= L_1 - L_2 \\ &= (l_1' + l_2' + r' + \varepsilon \tan \theta) - (l_1 + l_2 + r)\end{aligned}$$

上式において、 $l_1' = l_1 \sec \theta$ 、 $l_2' = l_2 \sec \theta$ 、 $r' = r \sec \theta$ であるから

$$\begin{aligned}\Delta X &= (l_1 + l_2 + r)(\sec \theta - 1) + \varepsilon \tan \theta \\ &= l_0(\sec \theta - 1) + \varepsilon \tan \theta\end{aligned}$$

$$\text{但し } l_0 = (l_1 + l_2 + r)$$

上式において l_0 の値は被測定物の直径には関係なく試作した測定台では73mmの1定値になる。又1対の微動調整用のねじは間隔が22mmであり、それぞれのピッチは0.75mmである。 ε の値は測定台の爪の取付精度であつて0.1mm以内の精度に工作することは可能である。従つて調整用のねじの回転角と ΔX との関係を ε の値が0, 0.05mm, 0.1mmの場合について図示する

図5 調整用ねじの回転角度

と図5のようになり、ねじの回転角 30° で約 $1.1 \sim 1.8 \mu$ 、同じく 10° で $0.1 \sim 0.3 \mu$ となり 0.1μ 程度の偏心量の調整も比較的容易に行うことができる。

しかし実際には被測定物の中心の移動は他の二つの爪との間の変位、及び締付力の釣合の条件等によつて定るので幾分複雑になる。

従つてこのような方法で偏心量の調整を行うためにはある程度の熟練を要するのであるが、測定中の測微計の目盛の振れと、偏心量との関係を修得すれば複雑な歪円図形の場合にも $0.1 \sim 0.2 \mu$ 程度の調整は10分以内で行うことができる。

図6

図6は試作した真円精度測定器による測定値の1例を示し、図の(a)は円筒研削後の真円精度、(b)は同一の工作物で(a)の状態より更に心無研削を行つた後の図形であつて、それぞれ測定台上で偏心の調整を行つた後、測定値をそのまま円形グラフに記入して図形を画いたものであつて、測定箇所は工作物の周辺で48カ所である。図によつて分るように測定の際の被測定物の中心と台の回転の中心とは殆んど一致しているので、偏心の補正計算を要することなく、真円度ならびに歪円の図形を判定することができる。

4. 測定台の精度

図7は新たに試作した真円精度の測定装置とTaylor & Hobson社製のTalyrond真円精度測定器との精度

図7

の比較を行うために測定したもので、被測定物はNSK社製の転り軸受用直径1"の鋼球である。図において実線で示したのは試作した測定器による測定値、点線で示したのはTalyrond測定器による測定値であつて、それぞれの測定値を比較するために各々の測定値について偏心量の補正計算をフーリエ解析によつて行つた後に図示したものである。図によつて明らかなように鋼球の真球度は 0.5μ であり、歪円の形状は楕円である。又両測定装置による測定値は極めて近似していることが分る。この際二つの測定器の倍率は試作した測定台で20,000倍、Talyrondでは10,000倍の最高倍率の場合について測定した。ただしTalyrondでは自動記録される円形グラフの1目盛が2mm間隔であるために、実際には両者の倍率は同一で

ある。

図 8 は同じく直径 1" の鋼球 3 個について双方の真円

図 8

精度測定器で各々の鋼球について同一の個所を測定し、それぞれの測定値について偏心率の補正計算を行い、全周の 48 カ所について両者による測定値の間の距りを求めて示した度数分布図であつて、図によつて分るようにそれ等の値の最大値は 0.16μ であり、又標準偏差は 0.059μ であつた。尚 Talyrond の測定子と共に回転するスピンドルの回転の保証精度は 0.075μ である。

5. 結 語

新たに円錐の軸と、それに嵌合する円錐形の孔を有し高精度で回転することのできる真円精度の測定台を試作し、次のような成果を得た。

(1) 構造 簡単で而も高精度で回転することができ、回転の精度は測定台に真空式空気マイクロメータの原理にもとづき新たに試作した高感度の測微計を併用することにより、Talyrond 真円精度測定台との比較で両者による測定値の距りは標準偏差で 0.059μ であることを確

めた。

(2) 測定の際の被測定物の着脱には ハンドルの半回転で簡単に行うことのできるチャックを同時に試作し、同一直径の多数の工作物の測定を容易にすることができた。

(3) 被測定物の中心と台の回転中心との偏心率を少くするための調整は、調整ねじによつて行う新しい機構を考案し、これによつて 0.1μ 前後の偏心率の調整も僅かな熟練を要するのみで 10 分以内の短時間で行うことができ、従つて 1μ 程度の真円精度を有している被測定物の場合にも、測定後偏心率の補正計算を要することなく、測定値をそのまま円形グラフに記入し、真円精度、ならびに歪円の形状を確認することができた。

終りに当り本研究について御指導を賜つた東京工業大学海老原敬吉名誉教授、ななびに種々お世話をいただいた大隈鉄工所加藤由美氏、また昭和 29 年度東京工業大学の卒業研究として御協力をいただいた鉄田節也、村上昭両氏に厚く感謝の意を表わす。(1958, 11 月 8 日受付)

参 考 文 献

- 1) 海老原敬吉：精密測定機械器具，誠文堂。
- 2) 中田孝：機械の数学的解析，誠文堂。
- 3) 海老原・中野：玉軸受用鋼球の新しい測定法，精密機械，17，1951，250。
- 4) E. Sachsenberg：Untersuchung über spitzenloses Genauigkeitsschleifen，Werkstattstech—1933，Heft. 11，281。
- 5) T. Kriner：Von Gleichdick. Werkstattstech. 1933，Heft 13。
- 6) G. Berndt：Die Prüfung von Gleichdick. Maschinenbau，Heft 12。
- 7) 精密機械，XXIII，5，108。