

最近の研削盤

大阪大学 田中 義信

研削盤に限らず工作機械の発達の方向は精度の向上と生産性の増大という2点につける。

最近の工作機械はこの2点を満足させるために種々の改良進歩がなされている。以下に研削盤について最近の傾向を拾い上げて概観することとしよう。

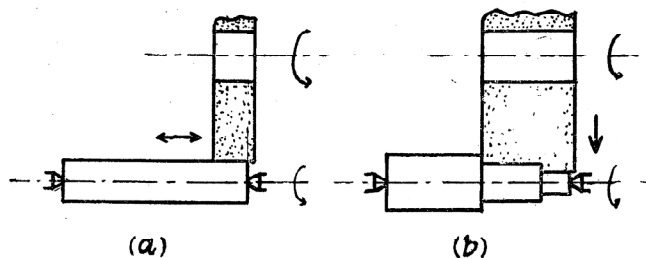
1. 機械剛性の増大

工作機械は生産能率を向上させるために昔から年々所要動力が大きくなって来たが、その傾向は近年に到つて特に著しいものがある。例えば円筒研削盤では、プランジ研削を行うために大型の砥石を付け、大容量の電動機で駆動しているし、ホーニング盤ではポジティブホーニングを行わせるために、在来の2倍程度の動力を加えている。

この結果は必然的に工作機械の大きさや、鋳物の肉厚が大きくなって頑丈になった。また一方工作精度を上げたり高速回転を行わせたりするために、機械の剛性を高める必要からも機械は頑丈になって来た。例えば後出第7図の Matrix 社のネジ研削盤は重量5tonにもおよんでいる。しかも鋳物はできるだけ一体となるように設計して剛性を高めている。

2. 強力プランジ研削の実施

在来は円筒研削を行うのに第1図(a)のように平形砥



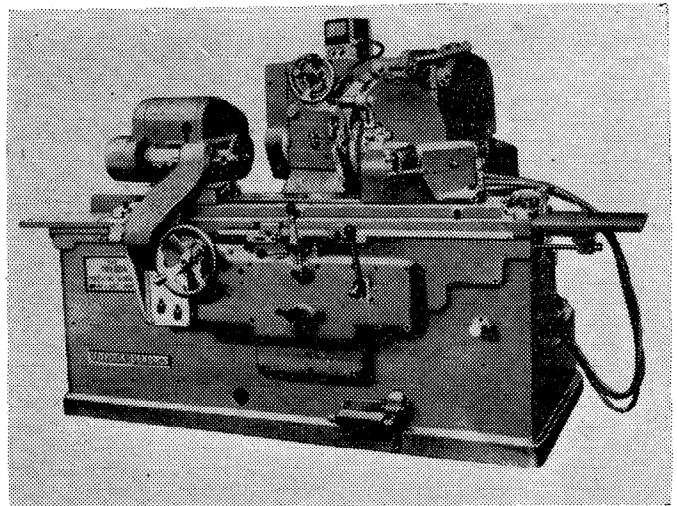
第1図

石を用いて工作物に切込と送りを与えて研削を行つて来た。これに対して(b)図のように1枚の砥石に工作物に相当した段を付け、1回の切込だけで送りを与えずに研削作業を行うプランジ研削が広く実施せられるようになった。

プランジ研削を行うときは生産能率が飛躍的に増大するが、それだけに砥石の強度、工作機械の剛性、砥石の

成形技術、機械の所要動力の増大などの問題点がある。

第2図は豊田工機がフランスの Gendron と技術提携



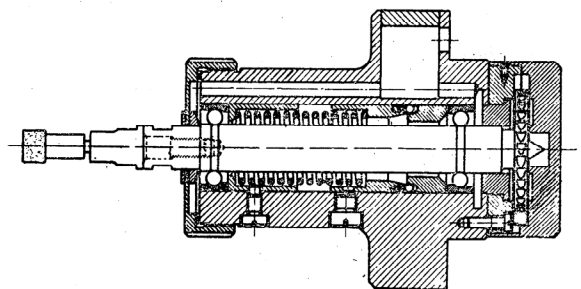
第2図 豊田円筒研削盤

を行つて作った円筒研削盤で、プランジ研削を目標としたものである。機械の総ては頑丈であり、砥石の最大幅は100mmで、その砥石軸駆動用には9HPという強力な電動機を備えている。

3. 軸受の改良

研削盤で精密加工を行うためには機械の精度が高いことが最も肝要であるが、その中でも砥石車軸の軸受は最も重要である。しかもこの軸受は高負荷のもとに長時間の高速回転を行うものであり、かつ振動のないものである必要上、種々の考案がなされている。

第3図は Coppier 社(イタリア)内径研削盤の砥石車軸



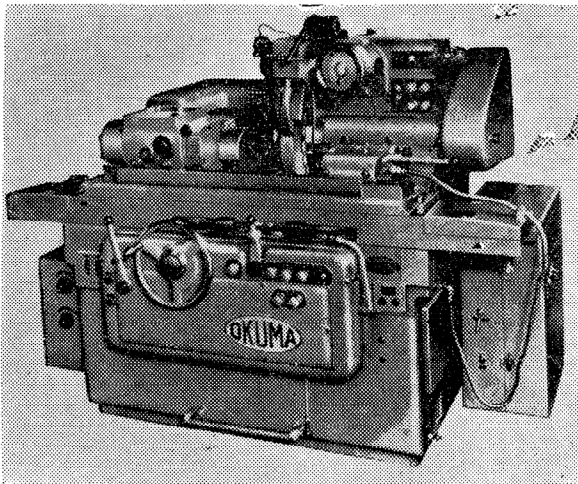
第3図 Coppier 内径研削盤の砥石車軸

軸である。この機械は主として燃料噴射ノズルの内径の加工を目標としたものである。これの最も大きな特徴は

油圧タービンで砥石車軸を駆動していることで、その最高回転数として 140,000 rpm 出せることである。これは恐らく内径研削盤主軸としては世界最高の回転数をもつたものであろう。砥石車軸は2個のアンギュラコンタクト型玉軸受で支えられ、中央のバネによつてプレローディングされている。この玉軸受は軌道面をなるべく小さくするために内輪を省いて、直接軸の外周に溝を付けて軌道面としている。

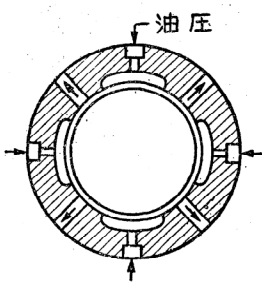
また一方平軸受は振動の少ないことと、精度の高いことのために研削盤砥石車軸の軸受として広く用いられている。これに用いる軸受としては特殊な設計になる多面軸受が用いられている。

第4図は大隈鉄工所の円筒研削盤で、この機械は独特



第4図 大隈円筒研削盤

の非真円平軸受を備えていて、そのため軸のフレが少く (1μ 以下)、#60位の粗い砥石で鏡面研削ができる。鏡面研削は研削によつて超仕上げやラップ仕上に相当するような高精度の鏡面を得る方法で、わが国ではこの機械が最も早く実現したものである。またこの外にこの機械のもつ特徴としては送り研削・プランジ研削の両作業方式について自動サイクルを取り入れていることも顕著な点である。また研削作業の自動定寸を行わせるためにはその精度の高いことが必要であつて、そのためには機械的な自動測定装置を持つてると共に、研削液の冷却装置を備えて工作物の熱膨脹による精度低下を防いでいる。



第5図 流体軸受

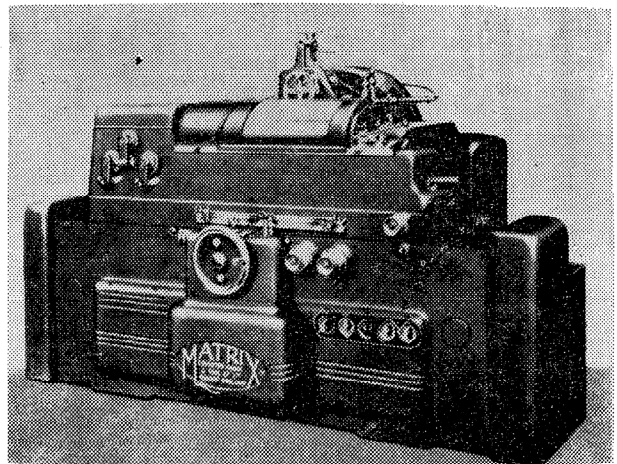
豊田工機の円筒研削盤(前出第2図)の砥石車軸には Gendron の特許である第5図の Fluid 軸受を装備している。これも4点で軸に接触する多面軸受で、図のような方向に高圧の潤滑油が循環するようになって優

れた潤滑と冷却の作用を行う。そのため軸は静止時と回転時とで中心位置を変えることもなく、常に静粛なフレの少ない回転をさせることができる。

4. 目直し技術の進歩

プランジ研削や姿研削を行うためには砥石の輪郭形状を正確に工作物の輪郭に合わせなくてはならない。このためには砥石の目直し方法として特殊な技術が必要となつて来る。この目的のためにはダイヤモンドドレッサによる方法とクラッシュローラによる方法とがあり、一長一短があるが、近年は後者の発達に著しいものがある。

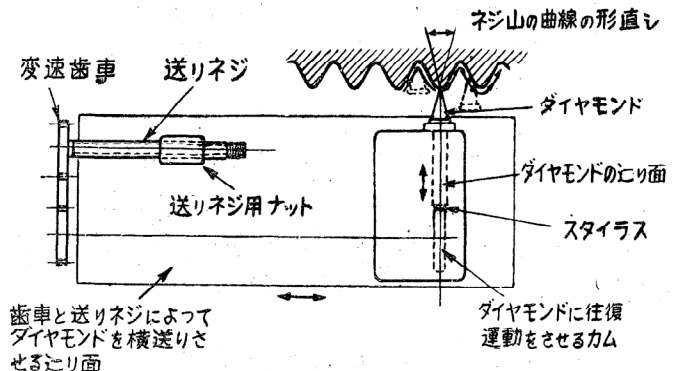
先ずダイヤモンドドレッサを用いる方法として多山砥石車によるネジ研削盤がある。第6図は Matrix 社(英)



第6図 Matrixネジ研磨盤

のもので多山砥石車によつてネジを研削するのでプランジ研削に相当し、精度よりもむしろ生産性を目的とするような作業に応用すべきものである。これでは第7図に示すように尖つたダイヤモンドによつて形直しを行つており、ネジ山の曲線を出すには図のようなレバーとカムとを組合せた方法によつている。クラッシュローラでは正確なネジ山の形状が出し難い欠点があるので、精度の点を考えてダイヤモンドドレッサを採用しているものと考えられる。

次にクラッシュローラによる目直しは複雑な輪郭形状を



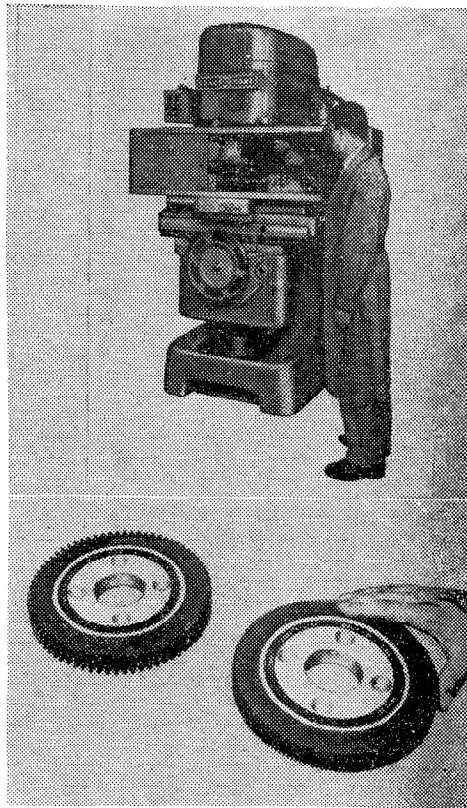
第7図 Matrixネジ研磨盤の砥石修正装置

もつ砥石車を目直しするのに主として用いられている。これは砥石車を低速回転させておいて所定の輪郭形状をもつ焼入鋼ローラを砥石車に押し付け研削とは逆に砥石車の方を圧碎して所要の形にするものである。この方法では複雑な形状をもつ砥石でも一度に目直しすることができるので生産的な機械に応用せられている。

5. 工作機械の機構の進歩

最近、工作機械として今迄に見られなかつた幾多の新機種が出現を見た。その内の二、三について簡単に解説しよう。

Red Ring 歯車ホーニング盤, 第8図は National



第8図 Red Ring歯車ホーニング盤

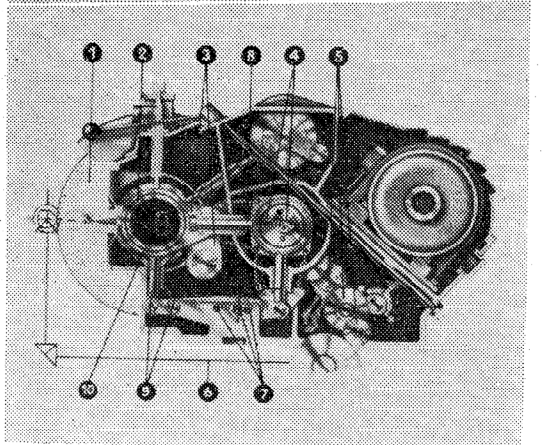
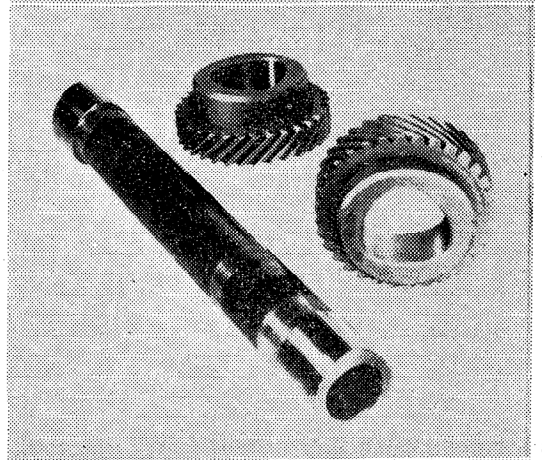
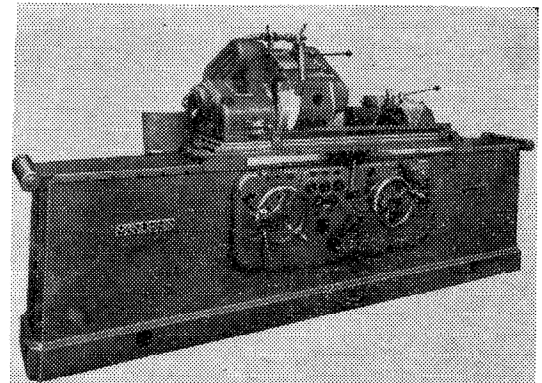
第9図 歯車ホーニング工具

Broach 社 (Red Ring) の歯車ホーニング盤である。これは歯車のシェーピングにおけるシェーピングカッタの代りに、レジノイド砥石 (第9図) を用いシェーピングと全く同じようにして加工して、歯面をホーニングする機械である。

シェーピングの切削機構を応用して砥石で歯車を造り工作歯車とかみ合運転を行わせれば、砥石車の砥粒は各歯面に対して歯幅の方向に滑り運動を行い、ここにホーニングが行われ、滑かな歯面ができることは当然考えられることである。しかしこれを実現させるには、正確な歯をもつ砥石車が必要で、この製作技術の裏付けがない限り歯車のホーニングは不可能である。Red Ring 社

の機械に用いる砥石はレジノイドの成型砥石で中央の白色部分は硬質ゴム、その内側に鋼製のブッシュがある。この砥石の偏心誤差、ピッチ誤差がどの程度かは知る由もないが、恐らく百分の数mm程度であろうと考えられる。このような砥石を製作した技術に対して敬意を表したい。

ホーニング作業は荒仕上は #60 の砥石、精密仕上は #150の砥石を用いて行い、途中で逆転させて両側歯面を仕上げるようにしている。回転数は 3000r.p.m に近く、加工に要する時間は僅かに30秒足らずである。仕上代は



第10図 Polygon 万能非円研磨盤

第11図 三角軸と三角孔による接合

第12図 砥石軸運動の機構

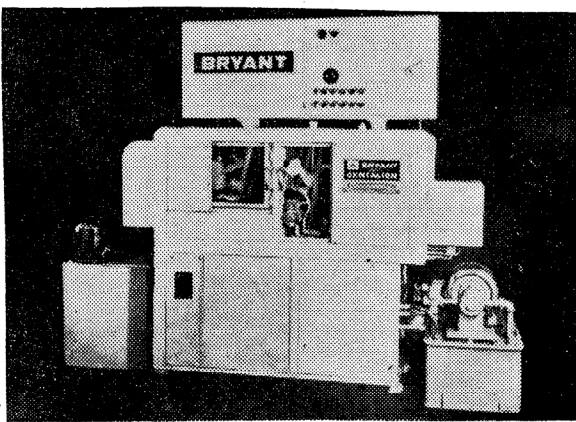
0.05mm で、仕上面粗さは $10\mu\text{in rms}$ となると称せられる。砥石はその歯先円が工作歯車の歯先円にあたるまで使えるわけであるが、1枚の砥石で20000個の歯車の工作ができるといつているが、事実このように消耗の少ない砥石があるかどうか疑問に思われる。

この方法は焼入歯車の仕上面を滑かにして歪を取り除くことが主目的であるが、加工を続ければ砥石の歯形が正しいインポリュートから段々外れるわけであるから、歯形誤差を取り除くというより打痕や反りのようなものを取り除き、静粛運動をする歯車を造ることが主な利用法であろう。

Polygon 万能非円研削盤 Haut-Rhin 社(仏)は断面が非円形の軸および穴を研削する Polygon 万能非円研削盤を製作している。これは如何にもフランス人らしい新しい着想の機械である。第10図にその外観を示す。通常の内径研削盤と同じようにして外径の研削をし、砥石を取りかえ、工作物をチャックして内径の研削を行うものである。この機械の特徴は非円の研削にあつて、本機で工作せられた軸および穴は、第11図のようにキーやスプラインなしで接合できる。そのため切欠効果による強度低下もなく、また加工能率も在来のものより高い程である。今後は自動車、航空機関係にこの機械で加工せられた非円形軸が広く使用せられるようになるものと思われる。

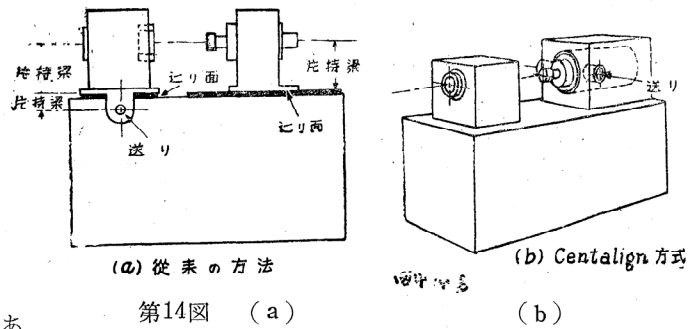
Polygon 研削盤では軸または穴を隋円・三角歪円・四角歪円に研削できる。その非円運動は、第12図のような機構によつて工作物の回転に比例して、砥石車軸をその軸受と一緒に隋円運動させることによつて行わせている

Bryant 内径研削盤 Bryant 社の Centalign と称する自動内径研削盤は従来のものと著しい構造上の差異をもつたものである。これは第13図のような機械で箱形に



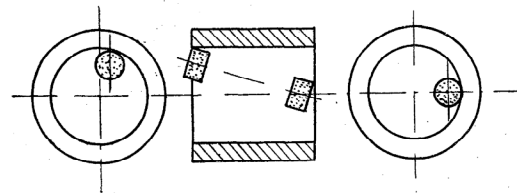
第13図 Bryant内径研削盤

完全に密閉され、主軸と砥石車台とは図の中段の左窓の部分にあつて、その他の部分は自動制御のための電気装置と空気装置および送り運動のための油圧装置である。



研削と目直しが自動装置によつて行われるのは勿論であるが、最近のオートメーション技術の発達を採り入れ、製品の寸法誤差に応じてこれを加工部にフィードバックして補正する装置も附属している。

しかしこの機械で最も大きな特徴をなすものは、砥石軸台の構造とその送り機構である。第14図(a)、(b)は在来のものと Centalign の構造を比較したものである。在来のものでは砥石車台はベッド面を支点とする片持梁を形成しているため、研削抵抗が加われば砥石軸が傾くこととなり、また主軸台の方も送り運動を行うとき同じように傾いてくる。このために加工精度が悪く、かつ第15図に示すように、砥石と工作物の接触部が入口と



第15図

出口で違つてくるため研削抵抗の方向が変化し砥石が一樣に加工しないため仕上面も粗くなり易い。それがこの Centalign では第14図bのようになっていて、軸方向および直角方向の送りは工作物の中心線上で行わせるようになっていて、砥石車台の実際の構造は在来の機械と全く違つた構想のもとに設計されている。送り面の摩擦を軽減するために、両方向とも鋼球を介して転り接触をするようにしている。この機械は上のような構造をもつため、工作精度は高く仕上面も滑らかで、いわゆる鏡面研削が可能である。

Heald 内径研削盤 上述の Bryant 社の機械に対抗するものに、有名な Heald 社の 190A 型内径研削盤がある。これは第16図に見られるように、砥石車台を乗せたテーブルのガイド面が 30° の傾きをもっていることが著しい特徴をなしている。このように傾いているために研削抵抗をガイド面が大体直角方向に受けることになり、強固にテーブルに押し付けられるので軸が傾くことが少なくなる。そのために精度は上り、強力研削ができるので能率は50%上昇すると称している。前述の Bryant はガ
(以下26頁へ続く)