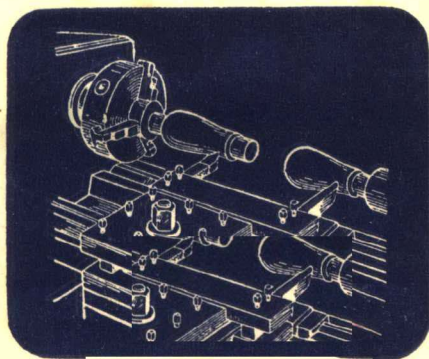


机械工人活叶学习材料 323

王永良 編 著

怎样加工曲形工件



机械工业出版社

內容提要 加工曲形工件是机工經常遇到的工作之一。但是，如何选用最簡單、生产率最高的方法来加工曲形工件，而达到所要求的尺寸、形狀和精度？这本小册子所要介紹的就是这方面的知識。

本書适合三、四級机工学习。

編著者：王永良

NO. 1651

1958年6月第一版 1958年6月第一版第一次印刷

787×1092 $1/32$ 字数 27 千字 印張 $1\frac{3}{16}$ 00,001—12,000 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工業出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業
許可証出字第 008 号

統一書号 T15033·972
定 价 (9) 0.16 元

目 次

一	曲形工件的加工方法	2
二	加工曲形工件的刀具	7
三	样板刀的安裝和使用	10
四	产生廢品的原因和預防的办法	18
五	怎样檢查曲形面	18
六	加工曲形工件的实例	20

在机器制造业中，我們碰到最多的是一些圓柱形、錐形和平面形的工件。除了这些工件外，有时还会碰到一些特殊形狀的工件。这些特殊形狀的工件，叫做曲形工件。

曲形工件在机器結構中占有很重要的地位。为了提高机器的效率，为了实现某种所規定的运动，都需要把工件做成一定的形狀。有时为了使机器工件形狀美观或使用方便，也把工件做成特殊形狀。

曲形工件的种类很多，經常遇到的有：手柄、內外的球形面工件、凸輪、叶片、爪形連軸节、曲軸等，这些工件都属于曲形工件这一类。

一般說来，加工非曲形工件（如圓柱的外表面）比較容易，而加工曲形工件就比較难。这里所說的加工，是指机械加工。

加工曲形工件的时候，除了需要技艺熟練的技术工人以外，有时还需要裝置特殊的夾具和机构。而在某种情况下，甚至还需要把机床加以改裝。但是，怎样才能使曲形工件用最簡單的、最高生产能力的方法使它达到所要求的精度呢？这本小册子所要介紹的，就是这方面的知識。

一 曲形工件的加工方法

在机床上加工曲形工件，根据不同的条件和要求，可以用下列方法来加工：

1 用普通刀具以手动进刀来加工曲形工件 曲面很大的曲形工件，我們不可能特地給它做个合适的具有長刀刃的样板刀。在这种情况下，可以采用一般比較簡便的方法，即用普通刀具来加

工曲形表面。在进行加工时，用手工操作法同时使刀具作縱进刀和橫进刀。

圖 1 說明用普通外圓車刀加工曲形工件的情況。开始加工的时候，先用粗車刀 1 作几次縱向走刀，把工件車成阶梯形狀(圖 1 甲)，然后讓車刀 2 作縱进刀和橫进刀，車去阶梯的頂部(圖 1 乙)，随后再用精車刀 3 作一次或几次的縱进刀和橫进刀，把表面車成最后所需要的形狀。

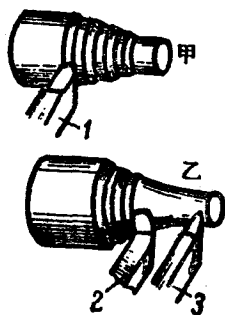


圖 1 用普通外圓車刀加工曲形面。

圖 2 說明用普通外圓車刀以手动进刀加工手柄的操作圖。用普通刀具以手动进刀加工曲形工件，同样也可以在刨床或銑床上进行。加工大型的齒輪，在缺少銑床的条件下，就可以用划綫方法在刨床上以普通刀具来加工。

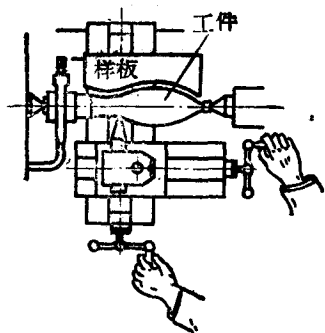


圖 2 用手动进刀加工手柄时的操作圖。

用上面所說的方法加工曲形工件，生产率很低，而且对操作者的技艺要求很高，同时又要很細心。因此，这种方法只能在加工較大的工件或者数量不多的情况下来用。它的好处是：用比較簡單的普通刀具就可以車出所需要的曲形工件。

用普通車刀以手动进刀加工曲形面，切削速度和进刀量要比車削普通外圓表面时小 20~30%。

2 用样板刀加工曲形工件 用样板刀加工曲形工件比較簡便，而且生产率高。它的特点是以一把寬的样板刀来加工曲形工

件(圖3)。但是, 这种刀具仅在大量生产才是有利的, 因为它的構造复杂、成本高。

切削刀具的形状和工件所需要的特殊形状相同的刀叫做样板刀。所有用样板刀車削的工件, 它的曲形部分都不能太长, 由于这样, 在工作时才可以用橫方向进刀。

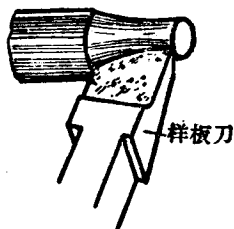


圖3 用样板刀加工曲形面。

圖4是用样板刀加工曲形工件的例子。样板刀的刀刃形状要精确地符合于工件(圖4甲)的1、2和3的曲线部分。因此, 工件要去掉很大一部分的金属(圖4乙剖面线部分)。但是, 为了保护样板刀的刀刃, 可先用圖4丙的粗样板刀車去一部分金属, 然后再用精样板刀車去留下的部分(圖4丁)。

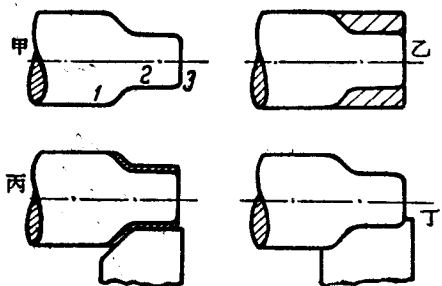


圖4 用样板刀車削曲形面的例子。

从圖4丙和丁中可以看出, 粗样板刀可以做成很简单的形状以节约制造的价值。用粗样板刀加工时, 加工出来的曲形面必然是粗糙的。但是这仅仅是粗車, 最后还要用精样板刀来精車, 以提高其表面光洁度。

同样, 在刨床和銑床上也可以用样板刀来加工曲形工件。

3 用靠模加工曲形工件 曲形工件的曲形面比较大, 而且又是大量生产的, 可以采用靠模法来加工。

按靠模加工曲形面, 实际上跟用錐度尺加工圓錐面没有什么区别。然而, 所不同的只是把直尺换成曲线轮廓的样板(圖5)就行了, 而这个曲线轮廓的样板叫做靠模。

假使把刀架下部跟橫進刀絲杠分开，然后使拖板作縱向移动的話，那么車刀除了获得縱向移动外，同时还获得由靠模而来的橫向移动。这时，車刀就可以把工件車成跟靠模形狀相同的曲形表面，这种方法就叫做靠模法。

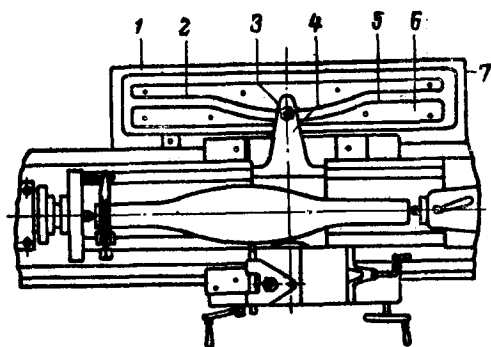


圖 5 用靠模加工曲形工件。

圖 6 是加工小型曲形工件用的簡單靠模裝置。被加工零件固定在卡盤上，靠模 2 裝在后頂針套內。在刀架上除了夾持一把主要為加工用的車刀外，還夾持一根靠杆 3。這根靠杆的一端要始終跟靠模相接觸。

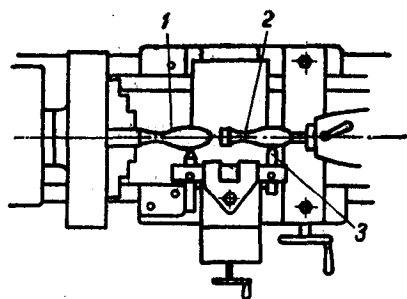


圖 6 用簡單靠模裝置加工曲形面。

加工時，車工應同時用手作縱進刀和橫進刀，使靠杆始終跟靠模保持着接觸。由此，車刀就在工件上复制出跟靠模形狀完全相同的曲形面。靠杆的尖端和車刀刀尖的高度，要準確地跟頂針中心綫對齊，並且它們的形狀應完全相同，否則加工出來的表面就會變樣。

使用這種裝置車削曲形工件，能使車工又方便又很快地按靠模車出所要求的曲形工件。它的缺点是：必須用手來進行進刀，因此只能用在小批生產上。當大量和成批生產曲形工件時，要採用

自动进刀的装置。

圖 7 是另一用靠模車制手柄的裝置，它是用靠模 2 來車削手柄 1。滾柱 3 固定在拉杆 4 上，并跟刀架一起作縱向运动。这时，滾柱在靠模板上所構成的曲綫形的槽內移动，使車刀 5 也跟着作橫向运动，而車出所要求的手柄形狀。

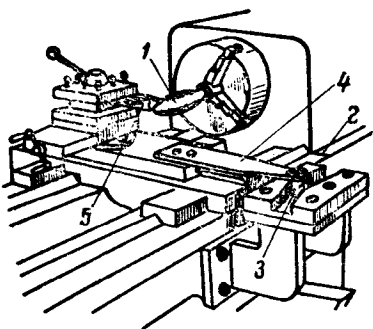


圖 7 用靠模車削手柄。

有时可以用單面的靠模來車削工件的曲形面，这种裝置像圖

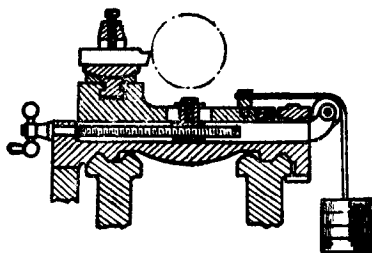
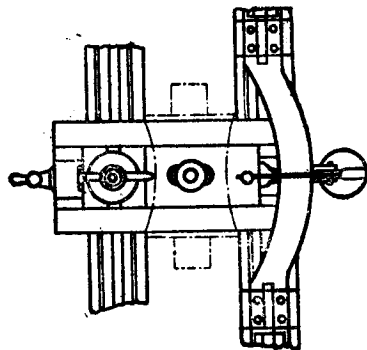


圖 8 用單面靠模來加工曲形面。

8 那樣。在这种情况下，滾柱是靠彈簧或重錘使它压紧着靠模，而重錘是用繩索悬挂在床身的后面并且和拖板一起移动的。

当滾柱在靠模內移动时，靠模槽的形狀要根据工件的形狀来做，槽寬要等于滾柱的直徑。

靠模槽的画法可参考圖9。为了防止工件曲形面的偏差，車刀要做成圓尖形的。在靠模工作中，按理滾柱中心所走的軌迹要跟車刀圓尖中心的行走軌迹相同。但是車刀圓尖的圓

根（即圓尖的曲率半徑 b ）和滾柱的半徑 a 常常不等，所以靠模

曲線的半徑 必須根據 $R_0 = R_1 - b = R_2 - a$ 的條件 (圖 9 甲) 算出, 即

$$R_2 = R_1 - b + a,$$

同理可以算出圖 9 乙的靠模曲線半徑

$$R_2 = R_1 + b - a。$$

在实际工作中, 靠模槽的形狀通常用作圖法求出, 即首先根據工件形狀和車刀的圓根, 求出車刀圓尖的行走軌迹, 也就是等于滾柱的行走軌迹。在这条綫上多取几个点, 画出滾柱的連續行走的各个位置, 連接各圓周的公共切綫就成为靠模槽的形狀。

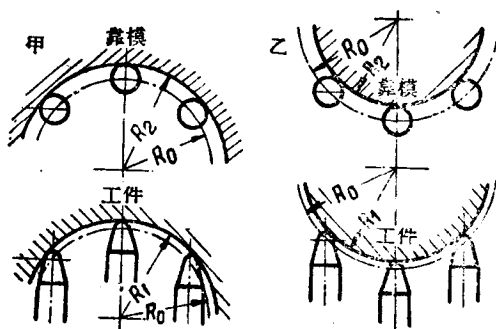


圖 9 按工件外形求靠模形狀。

二 加工曲形工件的刀具

加工曲形工件的刀具具有普通車刀和样板刀兩種。至于普通車刀的問題, 請參閱 [活叶]——[談車刀] 一書, 这里只談談样板刀。

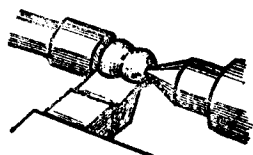


圖 10 杆形样板刀。

样板刀有三种型式: 杆形样板刀、棱形样板刀和盤形样板刀。

杆形样板刀 (圖 10) 用得很少, 因为它的刃磨比較困难, 并且輪廓常会变形。但是它的形狀簡單, 所以制造費用也比較便宜。由于

輪廓會變形，所以在用過一個時期後就不能繼續再使用，因此在大量生產中用這種樣板刀是不合適的。

圖 11 是一種棱柱體形的樣板刀，所以叫它做棱形樣板刀。樣板刀的上平面 1 是它的前面。在棱柱體的后部有成燕尾形的凸部 2，樣板刀就利用它嵌在刀杆 3 的槽內，用一只或兩只螺栓 4 把樣板刀緊固。這種裝卡的方法，可以按照車刀磨損的情況把車刀抬高一些，這樣就可以保持它的刀刃高低位置不變。車刀后面所需要的輪廓形狀

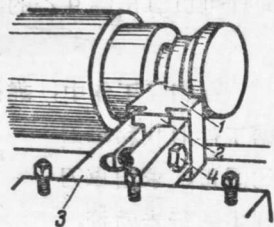


圖 11 棱形樣板刀。

是銑出來的，然後經過研磨。刃磨這種樣板刀時，只要在棱柱體端面上磨就可以把刀刃磨銳，所以車刀的鋼料可以大部利用，減少貴重鋼料的消費。其次，在製造和刃磨時，形狀和角度容易測量。但製造困難，在淬火後有時很難研磨它的形狀，這是它的缺點。

圖 12 是一種帶有彈簧刀杆的棱形樣板刀，這種樣板刀加工出來的表面更加光潔。刀杆上做成帶槽的，這是為了增加刀杆的彈性。如果把螺栓 2 擰在槽 1 的一個孔內，可以變更它的活動長度，這樣就可以調整刀杆的剛度。

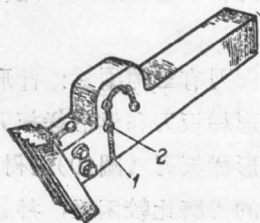


圖 12 帶彈簧刀杆的樣板刀。

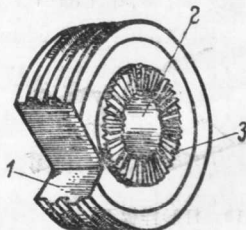


圖 13 盤形樣板刀。

圖 13 是盤形样板刀。盤形样板刀是一个具有前面 1 的圓盤，前面 1 是由于在圓盤上的切口部分而形成的。切口的深度和方向要使切屑能够很容易順着前面跑出来并且卷曲起来，圖 14 是应用最广的盤形样板刀裝夾法。在加工时，为了防止样板刀在刀杆上轉动，在它的側面开有三角的牙齿 3（圖 13），这些牙齿跟杆 2 上同样的牙齿互相咬合。重磨时可轉动螺絲 1，或把样板刀对杆 2 的齿端面錯动，以使样板刀繞刀軸轉动。轉动螺絲 1，也可以适当地調整刀的前后角。圓盤样板刀的刀杆，可根据不同的需要做成各种不同的形式。

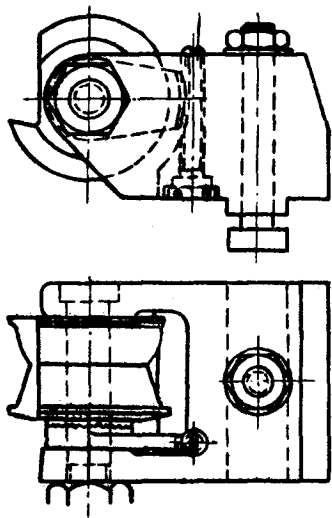


圖 14 盤形样板刀的裝夾。

盤形样板刀的最大直徑跟車床的機構和尺寸有关，設計时应加以考虑。一般加工內圓的时候，刀具直徑不得大于工件直徑的 0.75 公厘。在选用刀具直徑大小时，必須考虑下列情形。

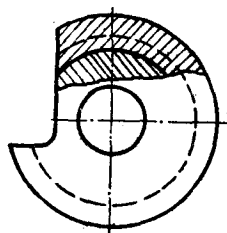


圖 15 鑲套的样板刀。

第一，直徑大的刀具，导热性較好，寿命較長。

第二，增大刀具直徑，可减小切削刀的双面綫誤差。

第三，增大刀具直徑，相对地減低了刀具制造的成本。因为制造刀具的人工，虽因刀具直徑的增大而增加，但由于刀具直徑大，使研磨次数减少，因之刀具制造人工的

增加显然抵得上研磨人工的减少。由于以上理由，采用较大直径的刀具是比较合算的。为了节省高速钢的使用，直径大的样板刀，它的内部可以采用一般结构钢来做，外部镶上高速钢的外圈（圖 15）。

三 样板刀的安裝和使用

由于样板刀的形狀不同，它們的裝夾方法也有不同，下面介紹几种样板刀的裝夾法。

1 杆形样板刀的裝夾法 杆形样板刀的裝夾法可以分成沒有前角和有前角兩種。

安裝沒有前角的杆形样板刀，要使刀具的前面和工件中心保持在同一平面上，因此刀具的底面常做成跟前面平行。跟刀具底面接触的夾持体的底面也必須做成水平，使它跟刀具底面平行（如圖 16）。圖 16 的裝夾工具，刀口的高低可以由一对帶有鋸齒形条紋的角形

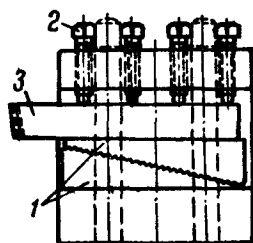


圖 16 杆形样板刀的裝夾法。

墊塊 1 來調整。這些條紋一般是 1.5 公厘一牙。每對墊塊可以根據具體需要做成不同的斜角，角度愈小調整的高度就愈低。墊塊的寬度等於夾持體刀槽的寬度。墊塊的材料應該用不容易變形的工具鋼，並且要淬硬。每對墊塊的上下兩平面要磨光，合在一起時，要保證上下兩平面相互平行。

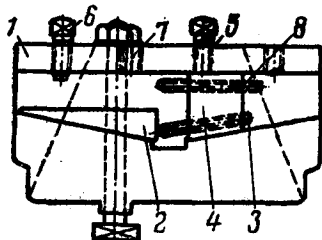


圖 17 適用於前後兩個切削位置的杆形刀的裝夾法。

圖 17 也是裝夾這種样板刀的夾具，它的特点能够适用于前後兩

个切削位置。也就是說，刀具要从机床的前面切削位置換到后面切削位置，只要把楔形鉄塊 2 和 4，以及螺釘 5 和 6 互相对調，同时把刀具移到圖上的右边位置就行了。

夾具本体 1 用 Y7A 号鋼或其他優質鋼制成，2 是放刀具的楔形墊塊，需要淬硬和磨光。調節刀具的高低位置可以用螺釘 3，前后位置可以用螺釘 8 来調節。当刀具的位置調節好后，用螺釘 6、7 压紧刀具。

安裝沒有前角的杆形样板刀时，要把刀具前面和水平面裝置成一个夾角，角度的大小就是等于前角的大小。为此，夾具的本体要按刀具的前角銑出一条斜槽（圖 18）。压紧刀具 3 的螺釘 2 要从頂面旋进。为了使刀

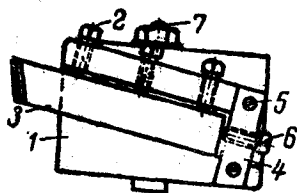


圖 18 有前角的杆形样板刀的裝夾法。

具能够得到上下的微量調節，在和刀槽成 90° 正交的地方再銑一条槽，然后把一面凸出的鉄塊 4 鑲入槽內，并用螺釘 5 固定在本体 1 上。此外，再用一个螺釘 6 旋在鉄塊 4 內，以調整刀具的上下位置。

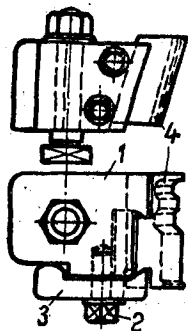


圖 19 棱柱形样板刀的裝夾法。

上面所說的各种夾具本体，都是用螺釘和螺帽固定在車床刀架上的。此外，还要用凸肩鑲入車床刀架的滑槽內，才能使夾具固定得正确和穩固。

2 棱柱形样板刀的裝夾法 裝夾棱柱形样板刀的夾持工具需要有燕尾槽。夾紧动作通常是由压板和帶鉤螺釘的压力，以及夾具本体鋸槽的彈簧作用等所产生的。同一式样的棱形样板刀，可以使用在前后兩種切削位

置，但夾持工具却必須更換，這就是棱形样板刀不及盤形样板刀方便的地方。

圖 19 是适用于前切削位置的棱形样板刀的夾持方法，它是用方頭螺釘 2 压紧側面压板 3 来固定样板刀 4 的。这种夾具的本体 1 制造簡單，使用效果好。

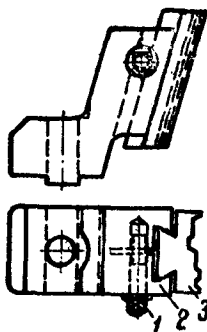
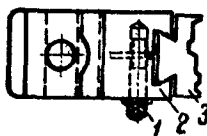
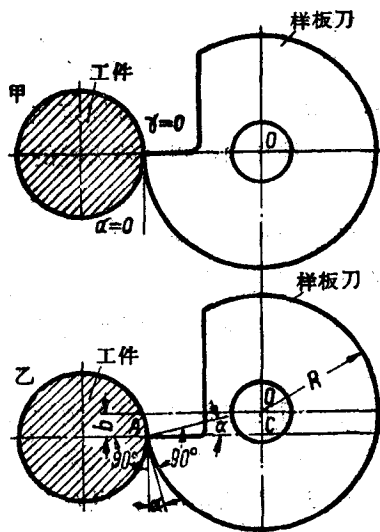


圖 20 是利用鋸槽的彈性作用來夾持样板刀的方法，由于螺釘 1 的压力，把夾具本体 2 上的燕尾槽收緊而夾緊样板刀 3。



3 盤形样板刀的裝夾法 圖 21 甲是一種沒有后角 α 的盤形样板刀，这是由于样板刀的前面要磨成跟車刀的中心相平行这种刀对工件的切削很困难。

圖 20 以彈性作用來裝夾棱柱形样板刀。



有后角 α 的盤形样板刀，前面要磨成比車刀中心綫低一个距离 b (圖 21 乙)。

在車床上安裝这种样板刀时，車刀的中心必須比頂針的中心綫高出 b 的距离。从三角形 AOC 中可以看出，尺寸 $b = R \sin \alpha$ 。 α 值一般采用等于 $6 \sim 12^\circ$ 时，样板刀的中心比頂針中心綫低多少，約刀直徑的 $1/20$ 到 $1/10$ 。

盤形样板刀的裝夾方法很多，但多数是在刀具的中心做一个孔(光孔或螺紋孔)。如果

圖 21 盤形样板刀。

是光孔，就用螺釘穿过夾具本体和刀具，再用螺帽压紧。为了防止刀具的滑动，往往在本体的圓孔內和螺釘上对开一鍵槽，用鍵来固定。另外，也可以在車刀的側面做出三角形牙齿，使它跟刀杆上的牙齿相咬合（圖 13）。如果刀具的中心孔是螺紋孔，只要把螺釘穿过本体旋入刀具就行了，这是一般工厂比較常用的方法。

如果样板刀的尺寸比較大，可以采用像圖 22 那样的裝夾方法。样板刀 1 除了用螺釘 2 固定外，还用帶鈎的螺釘 3 夾紧。

利用这种裝夾方法，刀具的高低用垫塊来調整，但不能作微量的調整。如果采用圖 23 的裝夾工具，就可以克服这个缺点。在圖 23 中，螺釘孔 1 是用螺釘把夾持工具安裝在車床刀架上，而在样板刀 2 的一面車有凸出的肩胛，沿半徑方向銑出鋸齒形的齿紋，这个齿紋和轉臂 3 上的齿紋相咬合。擰轉螺帽 5，就可以微量調整样板刀的高低。样板刀的位置調整准确后，再把螺帽 5 和 6 擰紧。

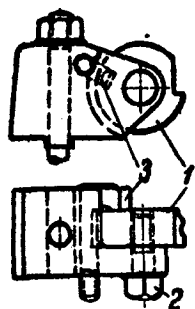


圖22. 盤形样板刀的裝夾法。

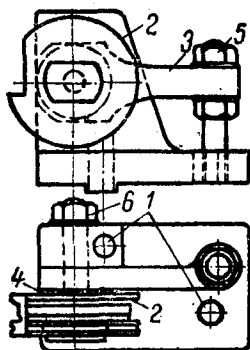


圖23 可調整高低的盤形样板刀的裝夾法。

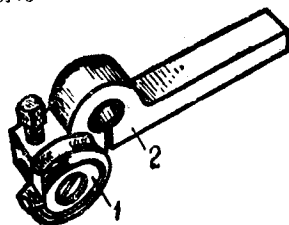


圖24 盤形样板刀裝夾在彈簧刀杆上。

盤形样板刀有时也可以安裝成圖 24 那样裝夾在彈簧刀杆上。

当样板刀加工到工件上帶有硬点的地方，样板刀就会往后压缩，不致卡住，所以車出来的表面也就比較光潔和平整。

一般說来，盤形样板刀不适合加工很寬的工件。因为刀面寬了，刀具的一端要伸出很長，裝夾得不稳固，而且影响工件的加工質量（尺寸和形狀的准确）。必要时，也可以采用特殊的夾持工具来裝夾，圖25是一种裝夾刀面很寬的盤形样板刀的特殊夾持工具。圖中1是夾具的本体，在本体上面的缺口寬度和样板刀2的寬度相等，并且要跟

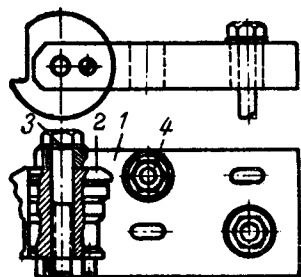


圖25 寬盤形样板刀的裝夾法。

底面垂直。本体1的軸孔要磨成和銷釘3的直徑相同，兩端要保持同心。銷釘3用合金鋼制成，并經過淬硬和磨光。在样板刀的中心孔內，攻出一段螺紋，其余部分的尺寸也要和銷釘的直徑相等。安裝时，銷釘3穿过本体的一边，而伸进刀孔內。由于螺紋的拉力，使样板刀的端面和本体的一面抵紧。同时，銷釘的小头也伸入本体的另一边。因为銷釘的兩头都有支承，所以刀面虽然比較寬，但裝夾很稳固。

夾持工具可以用四只螺釘固定在車床刀架上，并用長圓形螺孔来調节它的前后位置。

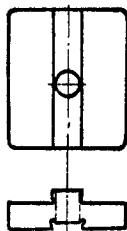


圖26 垫塊附件。

所有夾具的本体都必須用優質碳鋼(如Y9A)制成，它的接觸面都要淬硬和磨光。凸肩要跟槽子吻合并和机床中心垂直，如果条件可能，燕尾槽也要磨光。

为了使所有夾具的本体都能够普遍地使用在各种不同的車床上，就需要制备一些附件。例如，

各种車床有它不同的中心高，在这种情况下，就可以做一个像圖26那样的墊塊，使墊塊下面的凸肩和車床的槽配合，上面的凹肩和夾具的凸肩相配合。这样，样板刀就能适应任何車床的中心高度。

上述各种样板刀的裝夾法，在实际工作中可以根据具体情况来选用。但要注意，夾持工具必須制造得准确，样板刀應該安裝得牢固可靠，位置应正确，否則都会影响加工質量。

4 样板刀的使用 用样板刀加工时，橫向进刀的切削速度和进刀量，見表1、表2。

表1 用样板刀加工时的进刀量

加工性質	刀具切削刃的長度跟最小断面上工件直徑的比例				
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
	进刀量 (公厘/轉)				
粗車(5級精度)	0.050	0.045	0.040	0.030	0.020
精車(4級精度)	0.035	0.030	0.025	0.020	—
光車(3級精度)	0.025	0.020	0.015	—	—
校正系数跟工件最小断面直徑間的关系					
最小断面的直徑 (公厘)	5以下	5~10	10~20	20以上	
校正系数	0.60	0.80	1.00	1.20	

所謂校正系数，是指假定工件最小断面直徑为8公厘时，而刀具切削刃的長度跟最小断面上工件直徑的比为2.0，那末光車的进刀量应为 $0.015 \times 0.8 = 0.012$ 公厘/轉。

表中所列的切削规范，只能在設備良好、工件和刀具安裝稳固的条件下才能使用。

假使尺寸精确，加工表面符合所需要的精度，那末在停止进刀时，必須在工件3~5轉內，立即把刀具退离工件，否則在不进