



机械工人
活叶学习材料

412

怎样提高滚齿的效率

王显洪 编著

机械工业出版社

内容提要 在生产大跃进中，每一个工人都在动脑筋想办法——如何地提高生产率，为国家积累更多的财富。这本小册子着重讲解提高滚齿生产率的各种方法。这些知识很值得铣工一讀。

本書适合四級以上的銑工學習。

編著者：王显洪

NO. 2228

1959年5月第一版 1959年5月第一版第一次印刷
787×1092 1/32 字数 35 千字 印張 1¹⁰/₁₆ 00,001—25,050 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版业營業
許可証出字第008号

統一書号T15033·1224
定 价 (9)

一 概 說

1 提高滾齒生產率的意義 在各種機器上，差不多沒有不用到齒輪的，因此齒輪加工在機器製造業中是很重要的。

用切削加工方法製造齒輪，基本上可分成兩大類：仿形切齒法和范成切齒法。

仿形切齒法中用得最普遍的，有高速鋼的盤狀成形銑刀和指狀成形銑刀等。但是，用這種方法切齒時，當每銑完一齒，分度盤必須旋過一分齒角，然後才能再銑切第二個齒。用仿形法切削齒輪，精度較差、生產率低、成本也較高。因此，目前只有在單件生產或修配廠里沒有滾齒機或插齒機的條件下才採用這種方法。

齒輪的粗加工或半精加工中的范成切齒法主要用滾齒或插齒，由於滾齒比插齒有下列的優點：一、切出齒輪的周節比較精確，因為齒輪的牙齒是滾刀上幾個齒所切出的，滾刀刀齒的齒距誤差不全反應在工件上，而插齒刀切出齒輪的周節可能有累積誤差。二、滾刀能用來加工模數相同的任意齒數的直齒輪，跟模數相同螺旋角不同的斜齒輪；而插齒刀就不然，直齒插齒刀只能加工直齒輪，加工斜齒輪時必須用螺旋角跟斜齒輪相同的斜齒插齒刀。三、調整比較方便。

由於插齒存在着以上的缺點，所以一般只有在加工塔形齒輪或內齒時使用。因此，滾齒在齒輪加工中占有較大的比重，所以設法提高滾齒生產率就成為一個很重要的問題了。

2 提高滾齒生產率的途徑 完成一個滾齒工序的全部時間

为两部分：一部分是机动时间，另一部分是辅助时间。

滚齿机动工时的计算公式：

$$T = \frac{(B+b)}{S} \times \frac{Z}{Pn}$$

式中 T ——机动时间（分）；

B ——工件的宽度总长（公厘）；

b ——滚刀切入所需长度（公厘）；

Z ——工件齿数；

S ——走刀量（公厘/转）；

n ——滚刀每分钟转数；

P ——滚刀的螺纹头数。

上述的公式内，除了工件的加工宽度和齿数不能改变以外，其他四项均能影响机动工时的数值。提高走刀量 S ，利用多头滚刀，提高滚刀每分钟的转数 n ，减少滚刀的切入长度 b 都可以减少滚齿的机动时间。几年来，机器制造部门出现了许多新结构的高生产率滚刀，如小压力角滚刀、进步式滚刀等都可以提高走刀量。由于小压力角滚刀能提高加工精度，因而多头的小压力角滚刀在半精加工中已在使用。采用径向切入法可以降低切入长度；利用镶齿硬质合金铣刀可以大大的提高切削速度。另外，用快速装置夹具，可以减少辅助时间等，这些都能提高滚齿生产率。总之，有利于提高滚齿生产率的一切方法，都要尽量的采用，以达到提高滚齿的生产率、降低齿轮制造成本。

二 小压力角滚刀

1 为什么可以用不同压力角的滚刀来切齿

一般在滚 20° 压力角的齿轮时，总是选用同模数的 20° 压力

角滾刀。現在，有一種比較先進的滾刀叫小壓力角滾刀，這種滾刀的壓力角比加工的齒輪壓力角要來得小，譬如加工 20° 壓力角的齒輪可用 12° 或 8° 壓力角的滾刀。為了說明為什麼可以用不同壓力角滾刀切制齒輪，這裡簡單地介紹一下牙齒的幾個基本名詞。

1 牙齒的漸開綫 要把一根軸的轉數按照一定的比例傳到另一根軸上去，可以有很多辦法：利用摩擦圓盤、皮帶輪、鏈輪等不同裝置。但是，它們都有一個共同的缺點，就是傳動的速比不準確，而且皮帶輪、鏈輪等還不能用在兩軸間距離過小的地方。為了使兩軸的傳動速比準確，並且還可以用在兩軸距離很小的情況下，就必須在圓盤上做成牙齒，使牙齒與牙齒互相嚙合，這就是齒輪傳動（見圖1）。

為了保證在傳動中兩軸間的轉數比例在任何一瞬那時間內都能保持不變，那麼牙齒的齒形曲綫需要做成一定的形狀，現在最常用的齒形曲綫是漸開綫。

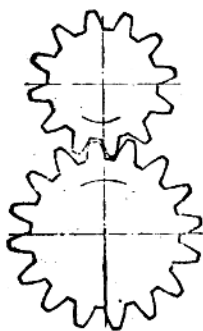


圖1 齒輪的傳動情況。

漸開綫是什麼樣的形狀呢？把一個圓盤固定在一張紙上，用一根綫緊繞着圓盤，綫的一端A固定在圓盤上，另一端B上系一枝鉛筆。當B端貼緊着圓盤而漸漸拉開時，系在B端上的鉛筆在紙上所畫出的曲綫就是漸開綫。那個圓盤叫做漸開綫的基圓（見圖2）。

2 齒輪的壓力角 圖3中的 $\angle B_1OC_1$ 叫做漸開綫在 B_1 點的壓力角；同樣 $\angle B_2OC_2$ 是在 B_2 點的壓力角。漸開綫上各點壓力角都不相同，漸開綫上接近基圓的各點壓力角較小，離基圓較遠各點的壓力角較大；如圖3中的 B_1 點較 B_2 點離基圓近，因此 B_1 點

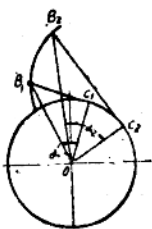


圖 2 漸開綫的画法。

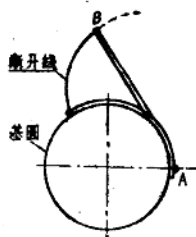


圖 3 漸開綫的壓力角。

的壓力角比 B_2 點的壓力角為小。

3 分度圓和有效圓 齒輪的分度圓就是在这个圓上牙齒的齒厚等於齒間弧長，即圖 4 中的 $\widehat{AB} = \widehat{BC}$ ，用公式表示即：

$$2r = M \times Z,$$

式中 r ——分度圓半徑；

M ——齒輪的模數；

Z ——齒輪的牙數。

一對齒輪在嚙合時，就像兩個摩擦圓盤在滾動時一樣（見圖 5），起着相當於摩擦圓盤作用的圓叫做有效圓。在有效圓上有兩個特點：兩個嚙合齒輪的有效圓，通過

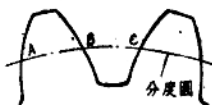


圖 4 分度圓。

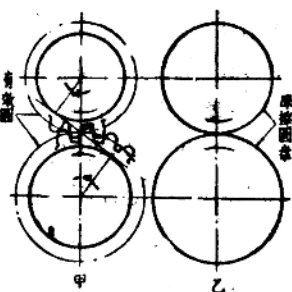


圖 5 有效圓的作用。

嚙合元點處的綫速度相等；兩個齒輪在有效圓上的壓力角相等。

標準制齒輪的有效圓就是分度圓，兩者是重合的。

变位齿輪（也叫做修正齿輪）的有效圓和分度圓是單獨的两个，两者并不相等。

任何單獨的齿輪都有它自己的分度圓，而有效圓只有在两个齿輪嚙合时才有。当两个齿輪的中心距改变时，有效圓也会随着改变。

我們知道漸开綫上各点的压力角是不相同的，一般公称的齿輪压力角是指漸开綫在分度圓上一点的压力角，如一般所謂 20° 压力角的齿輪，就是指在分度圓上压力角为 20° 的齿輪。

标准制齿輪，由于它的有效圓同分度圓是相重的，因此嚙合时在有效圓上的压力角就是該齿輪的公称压力角；而变位齿輪就不同，在嚙合时有效圓上的压力角并不是齿輪的公称压力角。

加工 20° 压力角齿輪时用 20° 压力角滚刀，这是意味着当工件同滚刀嚙合时（即切削时）的有效圓就是齿輪的分度圓。要是用与齿輪公称压力角不相同的滚刀来滚齿，只要使工件同滚刀嚙合时的有效圓上的压力角相当于滚刀的压力角就可以了，这也就是为什么可用不同压力角的滚刀来切制齿輪的道理。如用 8° 压力角的滚刀来切 20° 压力角的齿輪，只要工件同滚刀嚙合时的有效圓上的压力角为 8° ，另外滚刀在法向

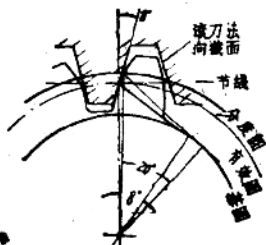


圖 6

截面上的周节等于齿輪在有效圓（这个有效圓上的压力角等于滚刀的压力角）上的周节（見圖6）。懂得了这些簡單的道理后，也就可以明了为什么可以用比齿輪公称压力角小的滚刀来滚齿了。

2 小压力角滚刀的优缺点

一、小压力角滚刀的优点 用小压力角滚刀滚齿，可以提高齿轮的表面光洁度、精度、滚刀的耐用度和加工时的走刀量等。

1. 提高齿轮的表面光洁度 经过任何形式加工后的金属表面，如果用显微镜观察它的加工表面，都呈有一种高低不平的轮廓，这种轮廓的波度（也就是加工表面所呈的高低不平的程度）叫做表面光洁度。

表面光洁度有纵向和横向的两种：同主切削运动方向平行的叫做纵向光洁度，同主切削运动方向垂直的叫做横向光洁度（见图7）。

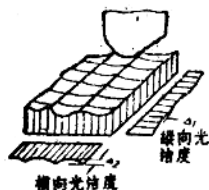


图7 工件的加工痕迹

齿轮表面光洁度也包含两部分：一部分是在走刀方向的波度 Δ_1 ， Δ_1 是走刀痕迹所造成的。影响 Δ_1 值大小的有好几个因素，滚刀压力角的大小对它有影响；如果只考虑压力角，而撇开其他的因素时，则 Δ_1 值的大小同滚刀压力角的正弦成正比，写成公式，即：

$$\Delta_1 = K_1 \sin \alpha,$$

式中 K_1 ——为常数； α ——滚刀的压力角。

因此，当滚刀压力角减小时， Δ_1 值也会相应的减小（见图8），图中 S 为走刀量。

另一部分是齿形轮廓的波度 Δ_2 （见图9）。 Δ_2 是滚刀刀齿在切削工件展成齿形时滚刀的两个连续切削的刀齿间所遗留的痕迹，当撇开其他几个影响 Δ_2 值的因素不考虑时，齿形轮廓波度 Δ_2 的大小与滚刀压力角的正切成正比，写成公式即成：

$$\Delta_2 = K_2 \tan \alpha,$$

式中 K_2 ——为常数； α ——滚刀的压力角。

所以当滚刀压力角减小时，齿形轮廓波度 Δ_2 也能相应的减小。

由此可见，当滚刀压力角数值减小时，能使走刀痕迹波度 Δ_1 和齿形轮廓波度 Δ_2 都能相应的减小。换句话说，也就是能使被加工齿轮的表面光洁度有所改善。

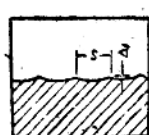


圖8 滚刀压力角和 Δ_1 值的关系。

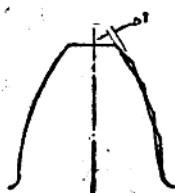


圖9 齿形轮廓的波度 Δ_2 。

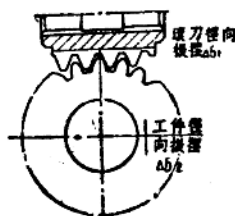


圖10 滚刀和工件的徑向振摆。

2. 减少滚切时刀具、工件的振摆对被加工齿轮精度的影响
在滚齿时滚刀和工件都会产生徑向振摆（見圖10），这些振摆会使工件的齿形产生誤差。

滚刀刀杆的振摆、滚刀孔和刀杆配合的間隙、刀齿的摆差和切削时刀杆由于受力而变形所产生的振摆等都能使滚刀在切削时产生徑向振摆 ΔB_1 。

工件外圓的摆差、安装工件用心軸的摆差和工件孔同心軸配合的間隙等，也会使工件产生徑向振摆 ΔB_2 。

滚刀徑向振摆 ΔB_1 与工件徑向振摆 ΔB_2 使工件产生齿形誤差 $\Delta \theta$ （見圖 11）。



圖11 滚刀与工件的徑向振摆使齿形产生的誤差。

为了容易明了起见，假定工件不产生振摆，而原来工件的徑向振摆 ΔB_2 可相对的反映在滚刀上，这样就成为工件沒有振摆，而滚刀有 $(\Delta B_1 + \Delta B_2)$ 大小的徑向振摆。齿形誤差同徑向振摆間的关系，从圖 12 中就可以看出，用公式表示即：

$$\Delta\theta = (\Delta B_1 + \Delta B_2) \sin \alpha,$$

式中 $\Delta\theta$ ——由于徑向振摆产生的齿形誤差；

α ——滚刀压力角。

假定徑向振摆的数值不变，齿形誤差 $\Delta\theta$ 同滚刀压力角的正弦成正比，因此当滚刀的压力角减小后，被加工齿輪的齿形誤差能相适应的减小。

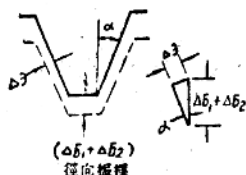


圖12 齿形誤差与徑向振摆間的关系。

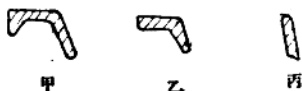


圖13 切屑形状。

3. 提高滚刀的耐用度 减小滚刀的压力角，可以增加滚刀与被加工齿輪間的接触綫長度，因而使参与切削的刀齿数目增加，由于齿間金屬是一定值，所以每个刀齿所分担的負荷可以适应的減輕。

另外，当滚刀的压力角减小后，切屑的形状就会簡單起来， 20° 压力角滚刀切出的切屑，它的形状基本上如圖 13 甲、乙所示；当滚刀压力角减小至 12° 或 8° 后，可使切屑成为如圖 13 乙、丙所示。切屑形状的簡化，表示在切削过程中滚刀刀刃所受的抗力减小了。

由于上面两个原因，所以当滚刀压力角降低后可以适当地提

高滾刀的耐用度，以下舉試驗結果來證明。

工件材料為 18 XTT、直齒、壓力角 20° 、齒數 14；滾刀材料為 P18、切削速度為 38 公尺/分、走刀量為 3 公厘/轉。試驗結果：

用 20° 壓力角單綫右旋滾刀加工 120 件，滾刀刀齒頂刃和兩側刃的磨損在 0.8~1 之間；

用 8° 壓力角單綫右旋滾刀加工 351 件，磨損情況如下：

以右側刃最大的磨損來比較，刀具的耐用度尚可提高 20% 左右，而且上述試驗的 8° 壓力角滾刀在過渡磨損的情況下也參與切削，因此磨損值會比在正常的情况下要大，所以說小壓力角滾刀的耐用度比一般滾刀提高 20% 以上。

磨 損 范 圍	磨損情況
頂刃磨損範圍	0.35~0.5
左側刃磨損範圍	1.2~1.7
右側刃磨損範圍	2~2.4

從上面前兩個優點來看，用小壓力角滾刀來切齒可提高被加工齒輪的表面光潔度和精度；反之，要是維持在 20° 壓力角滾刀切出的齒輪的要求相同，用小壓力角滾刀切齒時可提高走刀量，這就是用小壓力角滾刀提高生產率的一種途徑。

雖然用多綫滾刀加工齒輪，在很大的程度上可以提高生產率，但由於切出齒輪的精度較低，所以多綫滾刀一般只限用於粗切加工，不能用於半精加工。小壓力角滾刀有提高被加工齒輪精度的特點，所以把小壓力角滾刀同多綫滾刀的特點結合起來，就有條件在半精加工中採用多綫滾刀；也就是採用多綫小壓力角滾刀。這樣，既能保持一定的精度，又可大大的提高生產率。目前實踐證明，雙綫小壓力角滾刀完全可用於半精加工中，這就是採用小壓力角滾刀提高生產率的第二種途徑。

二、小壓力角滾刀的缺點 小壓力角滾刀雖然有許多優點，

但也存在着一些缺点。

1. 小压力角滚刀是一种专用刀具，它不能用来加工同压力角同模数但不同齿数的齿轮。小压力角滚刀的通用性较差，不像普通滚刀可以加工同压力角同模数的任意齿数的齿轮。

我們知道，齿轮只有在它的分度圆上齿厚 S_1 才与齿间宽度 t_1 相等（假定无齿间间隙）（见图 14），写成公式即成：

$$S_1 = t_1 = \frac{\pi M}{2},$$

式中 M ——模数。

由上式可以看出齿厚 S_1 只是同模数 M 有关。同模数任意齿数的齿轮，在分度圆上的齿厚总是相等的。



圖14 齿厚与齿間寬度。

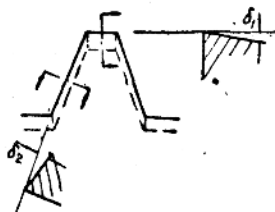


圖15 側刃后角 δ_2 同滾刀壓力角 α 的關係。

但在其他任意圆上的齿厚 S_x 都同齿数有关。小压力角滚刀切削时，同齿轮啮合的有效圆比分度圆小，因此同模数不同齿数的齿轮所用的小压力角滚刀都有它自己单独的齿厚。由于受到齿厚条件的限制，小压力角滚刀就成了一种专用刀具，使小压力角滚刀只适用于大批或中批生产，不能用于小批或单件生产中。

2. 刀齿侧刃后角较小 滚刀的耐用度和侧刃后角的大小有很大的关系；后角小了，容易使刀齿侧刃同工件发生摩擦，磨损较快。侧刃后角 δ_2 和滚刀压力角 α 有关（见图 15），其关系写成公式为：

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \operatorname{tg} \delta_1 \times \sin \alpha,$$

式中 δ_1 ——刀齒頂刃後角。

由上述公式可知，當頂刃後角固定後， δ_2 值隨着滾刀壓力角的大小而改變； α 較小， δ_2 也隨着而小。

從減小壓力角後所具有的優點來看，滾刀壓力角是愈小愈好；但實際上有限制，也就是當滾刀壓力角 α 過小時，側刃後角也減小，磨損較快，對刀具壽命不利。所以，小壓力角滾刀的壓力角一般是採用在 $8^\circ \sim 12^\circ$ 之間。

由於小壓力角滾刀側刃後角較小，因此對小壓力角滾刀耐用度的提高也有了限制。從以前所舉的試驗例子中也可看出這個事實；當頂刃磨損還只有 0.5 左右時，右側刃的磨損已達 2.43，因此小壓力角滾刀在刀具耐用度方面的提高受到了側刃後角較小的限制。

三、刀杆的傾斜法 不論滾直齒輪或斜齒輪時，必須使滾刀的刀齒同被加工齒輪的齒向一致，所以一定要把刀杆傾斜一個角度。

1. 銑直齒輪 銑直齒輪時，滾刀的刀齒要成垂直狀，所以要把刀杆傾斜一個角度，並且跟滾刀螺紋升角相等。滾刀的螺紋升角一般都刻在刀子的側面上。用小壓力角滾刀銑切直齒輪時，與一般滾刀的銑切方法沒有什麼區別。

2. 銑斜齒輪 銑斜齒輪時，必須使滾刀的刀齒與被加工齒輪牙齒的斜度一致。所以也要把刀杆傾斜一個角度，這角度的大小要看滾刀的螺紋升角和齒輪螺旋角的大小和方向而定。

1) 使用普通滾刀時刀杆的傾斜角 ϕ

用右旋滾刀銑右旋齒輪 $\phi = \beta - \theta$ (見圖 16)

用右旋滾刀銑左旋齒輪 $\phi = \beta + \theta$ (見圖 17)

用左旋滾刀銑左旋齒輪 $\phi = \beta - \theta$ (見圖 18)

用左旋滾刀銑右旋齒輪 $\phi = \beta + \theta$ (見圖 19)

式中

β ——斜齒輪的公稱螺旋角 (分度圓上的);

θ ——滾刀的螺紋升角。

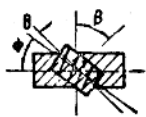


圖16 用右旋滾刀銑右旋齒輪時的刀杆傾斜法。

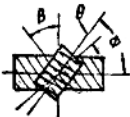


圖17 用右旋滾刀銑左旋齒輪時的刀杆傾斜法。

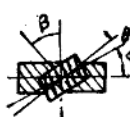


圖18 用左旋滾刀銑左旋齒輪時的刀杆傾斜法。

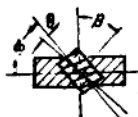


圖19 用左旋滾刀銑右旋齒輪時的刀杆傾斜法。

2) 使用小壓力角滾刀時刀杆的傾斜法 由于小壓力角滾刀切齒時同被加工齒輪的嚙合不是在分度圓上，而是在壓力角和滾刀壓力角相同的有效圓上；而有效圓上的螺旋角并不等于分度圓上的螺旋角（即公稱螺旋角），因此使用小壓力角滾刀時刀杆的傾斜角 ϕ 要按下列步驟計算：

第一步先求出有效圓上的螺旋角 β' ：

$$\sin \beta' = \frac{\sin \beta \times \cos \alpha}{\cos \alpha'}$$

式中 α ——斜齒輪在分度圓上的法向壓力角（即齒輪的公稱法向壓力角）；

α' ——斜齒輪在有效圓上的法向壓力角（即滾刀的壓力角）。

第二步再求刀杆的傾斜角 ϕ ：

$$\phi = \beta' \pm \theta。$$

当滚刀与齿轮同向时，选取 $[-]$ 号；

当滚刀与齿轮异向时，选取 $[+]$ 号。

计算例题 已知被加工齿轮的数据：模数 $M=3.75$ ，分度圆直径 $=\phi 137.518$ ，分度圆上的螺旋角 $\beta=25^{\circ}51'24''$ ，左旋，导程 $=891.437$ ，法向压力角 $\alpha=20^{\circ}$ 。

小压力角滚刀的数据：压力角 $\alpha'=8^{\circ}$ ，右旋，单线，螺紋升角 $\theta=2^{\circ}51'$ 。求小压力角滚刀在安装时的倾斜角？

解 查三角函数表可求得：

$$\sin \beta = \sin 25^{\circ}51'24'' = 0.4361218;$$

$$\cos \alpha = \cos 20^{\circ} = 0.9396926;$$

$$\cos \alpha' = \cos 8^{\circ} = 0.9902681;$$

$$\sin \beta' = \frac{\sin \beta \times \cos \alpha}{\cos \alpha'} = \frac{0.4361218 \times 0.9396926}{0.9902681} = 0.4138479.$$

再查三角函数表，可求得斜齿轮在被滚刀切削时有效圆上的螺旋角 $\beta'=24.443^{\circ}=24^{\circ}27'$ 。

齿轮为左旋，滚刀为右旋，两者异向；所以滚刀刀杆的倾斜角 $\phi = \beta' + \theta = 24^{\circ}27' + 2^{\circ}51' = 27^{\circ}18'$ 。

三 进步式滚刀

1 限制滚齿走刀量提高的因素 普通滚刀滚齿时所用的走刀量一般都不算大，限制走刀量提高有几个因素：加工表面光洁度、机床刚度和刀齿的负荷。一般说来，即使在刚度较好的机床上进行粗加工时，虽然前两个因素可以不加考虑，也常由于刀齿负荷的限制而不能提高走刀量。

在滚齿切削中，被加工齿轮的齿间金属，主要由滚刀的顶刃切去；如图20中所示的中间部分为刀齿顶刃负担，而剩下的部分才由刀齿两侧刃切去。此外，滚刀刀齿侧刃的长度，要比顶刃的

長度大得多，因此側刀的單位長度上的負荷要小得多，所以滾齒走刀量的大小主要看頂刀的工作量而定。

普通滾刀切齒時，各個刀齒的負荷是不相同的，先切削工件的刀齒，它的負荷大，中間齒的負荷小。如將滾刀對准工件中心的刀齒編為1號，它的前一齒為2號，以此類推，最先切削工件的刀齒編為最大號，如圖21所示。

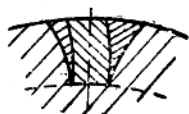


圖20 齒輪齒間金屬切去的分布圖。

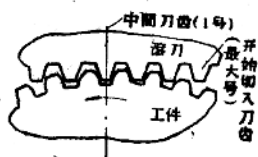


圖21 滾刀刀齒的編號。

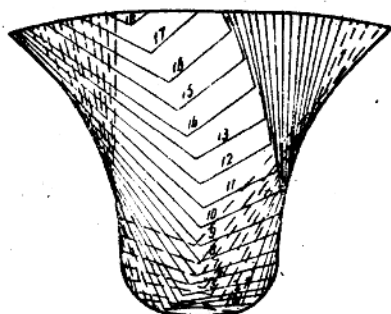


圖22 滾刀在滾齒時的切削圖形。

滾齒切削時的主要負荷由刀齒頂刀擔任的，因此分析切削過程中各個刀齒的負荷，主要視頂刀的切削情況。用范成法的原理可以將滾齒切削過程的情況用圖形表示出來，如圖22所示的為一般滾刀在滾齒時的切削圖形。從圖中很明顯的可以看出，各個刀齒頂刀切下切屑的厚度是不同的，號數小的刀齒切下的切屑薄，而號數大的刀齒切下的切屑厚，这样就使得各個刀齒頂刀的載荷不相等。因而，滾刀各齒的磨損程度也就不一樣，載荷大的磨損較大，載荷小的磨損較小；使負荷大的刀齒先磨損。由於滾齒時幾個邊齒的負荷較大，因此也就限制了滾齒時走刀量的提高。這也就是使用一般滾刀不能採用較大走刀量的原因之一。

2 进步式滚刀的结构 要發揮滚刀的潜力，必須使滚刀各个刀齿的負荷均匀。为了达到这个目的，需要将各个刀齿的齿高加以修正。每个刀齿的齿高經過修正以后，使各个齿頂不在一个圓柱面上，各个齿頂形成曲面。根据理論計算，齿頂高度的修正曲綫近似拋物綫，这种具有拋物綫外形的滚刀叫做进步式滚刀（如圖23、24）。



圖23 进步式滚刀。

进步式滚刀的优点：減輕了滚刀边齿的負荷，使每个刀齿切下的切屑厚度相等，負荷均匀。进步式滚刀的切削情况如圖25所示。由于号数大的边齿負荷減輕，因此可以提高走刀量，使生产率能得到进一步的提高。进步式滚刀的走刀量，比一般的滚刀可以提高5~6倍。

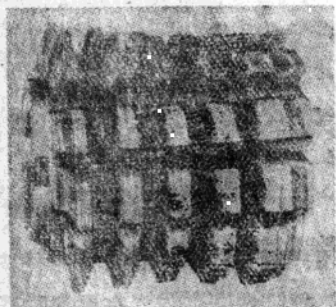


圖24 进步式滚刀的外形。

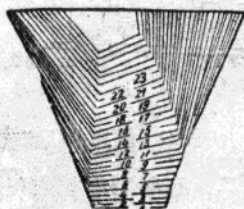


圖25 进步式滚刀的切削情况。

进步式滚刀外形曲綫的形状要根据被加工齿輪的齿数和模数来决定。滚刀外形曲綫的形状，在制造时可以用样板来控制。一般滚刀的尺寸以及修正一般滚刀曲綫样板的尺寸，从表1、表2中可以查出。

3 制造时应注意事項