

罗拉沟槽齿形的滚轧加工和 轧轮的设计制造*

何 江 川

(华侨大学精密机械工程系, 泉州 362011)

摘要 介绍自由分度式冷轧法轧制牵伸罗拉沟槽齿形的特点, 设计和制造齿形轧轮的简易方法, 适合于中小企业生产和开发。

关键词 罗拉, 沟槽齿形, 自由分度式冷轧法, 轧轮

分类号 TG 61

在纺纱机器中, 为控制纤维间的滑移并使成纱均匀, 需有一套牵伸机构。牵伸机构的重要零件是罗拉。为了增加罗拉对纤维的握持作用, 其断面应设计成具有梯形沟槽的斜齿轮形状, 并要求各段齿数一致, 沟槽角 α , 沟槽底宽 b 和沟槽深 h 也应相同。这种齿形, 可在滚丝机上, 用自由分度式冷轧法轧制而成。现以细纱机罗拉齿形为例进行分析。

1 自由分度式冷轧法

如图1所示, 可把罗拉坯料放在两个表面有一定齿形的轧轮之间, 强制轧轮以一定的转速转动, 同时将其其中1个轧轮压向坯料。一旦轧轮与坯料接触, 坯料与轧轮即共同回转, 并给予轧轮一定的压力, 促使坯料外圆产生塑性变形。同时, 轧轮逐渐轧入坯料, 随着轧入量的增加, 坯料外圆部分的金属就相应凸起。凸起部分的金属, 在轧轮与坯料接触转动的过程中, 借助两者的对滚运动以形成齿形, 当轧轮轧到规定深度后, 凸起部分即被滚成规定形状的齿形。罗拉坯料处于自由转动状态, 只对轧轮强制转动, 这种滚轧方法属于自由分度式冷轧法。

自由分度式冷轧法不具备能将坯料外圆按规定齿数直接进行分度的装置, 为了轧制出具有规定齿数的罗拉, 必须使轧轮的齿以齿顶

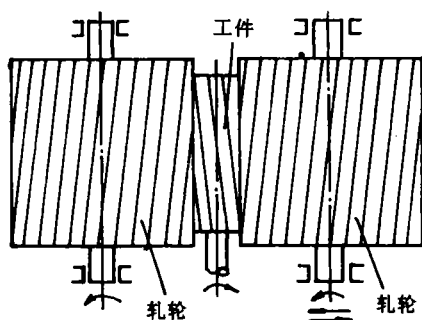


图1 自由分度式冷轧法

* 本文 1993-09-10 收到

处的周节一开始在坯料外圆轧出的凹槽,能精确地分度出规定的齿数. 这个任务,是由与坯料直径有特定尺寸关系的轧轮完成的.

2 滚轧加工与其他切削加工的对比

罗拉用自由分度式冷轧法轧制沟槽齿形,与其他切削加工(如铣削)相比,有4个优点.(1)生产率高.8锭罗拉,每轧制1根,一般不超过1.5 min,若对单个齿槽依次分度铣削,平均每铣削1根需24 min左右,因此滚轧比铣削可提高工效16倍左右.(2)表面质量好.滚轧后齿形表面光滑,组织细密,测得 $R_a=1.25\ \mu\text{m}$,纤维未被切断,强度好.然而,铣削齿形表面有刀痕,测得 $R_a=4.0\ \mu\text{m}$;且纤维被切断,强度较差.(3)材料消耗少,成本降低.滚轧加工是利用金属塑性变形以形成齿形,为无屑加工,滚轧前的坯料外径可比要求的外径小,因而毛坯外径可按要求外径选取(本例为 $\varnothing 25\ \text{mm}$).然而,铣削毛坯要比要求的外径大(取 $\varnothing 26\ \text{mm}$),因此减少了断面积,减少了钢材.例如,设年产量为25 000件,每年可节约钢材 $0.5\times 10^4\ \text{kg}$,折合人民币近2万元.(4)设备简单,操作方便,改善了工人的劳动强度.

3 齿形轧轮的设计制造

自由分度式冷轧法轧制罗拉梯形齿槽时,要求轧轮既能精确地分度齿数,又能按规定的沟槽角 α ,沟槽底宽 b 和沟槽深 h 轧制齿纹.为此,要确定好轧轮的工艺参数.

3.1 轧轮外径尺寸的确定

用自由分度式冷轧法轧制齿槽时,强制轧轮转动,而坯料处于自由状态.将轧轮压向坯料,一旦两者接触,即同时回转.然后轧轮的齿以齿顶处的周节在坯料外圆上进行分度,同时轧出凹槽.为了轧制出具有规定齿数的罗拉,必须使开始轧出的凹槽,就精确地在罗拉坯料外圆上分度出具有规定的齿数.因此,要使用与坯料的直径具有特定尺寸关系的轧轮.

罗拉梯形沟槽为斜齿轮形状,在冷轧时,坯料宽度 b 所具有的尺寸关系(图2)为 $b > t \cdot \text{ctg}\beta$,其中, t 为轧轮的齿顶周节, β 为螺旋角(即罗拉齿形倾角).

因为轧轮的1个齿在脱开坯料的时候,下1个齿马上就开始接触到坯料,所以坯料外圆是被轧轮的齿顶圆上的周节弧长进行分度的(图3).

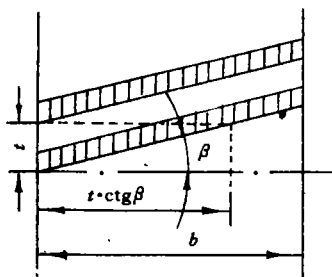


图2 斜齿轮宽度和周节及螺旋角的关系

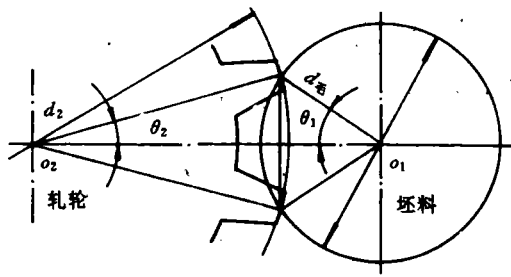


图3 轧制时的分度情况

由此,存在如下关系

$$\pi d_{\text{毛}}/Z_1 = \pi d_2/Z_2, \quad (1)$$

式中, $d_{\text{毛}}$ 为罗拉滚轧前坯料外径, d_2 为轧轮外径, z_1 为罗拉齿数, z_2 为轧轮齿数. 此时有

$$d_2 = d_{\text{毛}} \cdot \frac{z_2}{z_1}, \quad (2)$$

式(2)为轧轮外径与罗拉滚轧前坯料直径的关系式. 因此, 当罗拉滚轧前的坯料外径一确定, 即可按式(2)算出所用轧轮的外径.

3.2 罗拉滚轧前坯料外径尺寸的确定

罗拉滚轧时, 坯料外圆部分的金属引起塑性变形, 并向半径方向凸起, 其凸起部分的金属在轧轮的逐渐轧入过程中形成所需的齿形. 根据滚轧前后体积不变原理, 滚轧前坯料断面面积与滚轧后形成齿形的断面面积应相等(图4). 考虑到端面在滚轧中向外延伸的数值, 相对于齿纹长度很小, 可忽略不计. 因此, 可得

$$\pi \cdot \left(\frac{d_{\text{毛}}}{2}\right)^2 = \pi \cdot \left(\frac{d_1}{2}\right)^2 - z_1 \cdot S_{\text{齿}} / \cos \beta, \quad (3)$$

式中, d_1 为罗拉滚轧后工作轴颈外径, $S_{\text{齿}}$ 为罗拉法向每齿沟槽断面面积, β 为罗拉齿形倾角. 由于罗拉工作轴颈外径尺寸小, 齿数多, 为细密齿, 规定为梯形齿形. 因此, 式(3)应为扇环形的法向每齿沟槽断面面积, 可近似按梯形面积计算. 即

$$S_{\text{齿}} = (b + h \cdot \tan \frac{\alpha}{2}) \cdot h, \quad (4)$$

式中, b 为罗拉沟槽底宽, h 为罗拉沟槽深, α 为罗拉沟槽角. 把式(4)代入式(3), 整理后得

$$d_{\text{毛}} = 2 \left[\left(\frac{d_1}{2}\right)^2 - (b + h \cdot \tan \frac{\alpha}{2}) \cdot h \cdot z_1 / \pi \cdot \cos \beta \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (5)$$

由式(5)可确定罗拉滚轧前坯料的外径尺寸.

3.3 轧轮的设计制造

如前所述, 由式(5)可确定罗拉滚轧前坯料的外径尺寸, 式(2)可算出轧轮的外径. 由于式(2)是按齿数的分度关系列出的, 因而可轧制出符合规定齿数的罗拉. 在使用式(2)计算 d_2 时, 应注意使 d_2 小于所用滚丝机允许的最大尺寸 D_{max} , 否则会妨碍轧轮的运动. 因此, 在设计轧轮时, 可先确定 z_2 值, 后计算出 d_2 . 为减少复映误差, 可使 $z_2 > n \cdot z_1$, 其中 n 为正整数.

冷轧加工工艺, 是按范成原理形成齿形的. 用轧轮滚轧罗拉工作轴颈表面, 相当于两个齿轮的啮合作用. 因此, 要想轧制出正确齿形, 轧轮齿形曲线应是1条复杂曲线, 其设计和制造都相当困难. 轧轮直径一般较大, 齿数又多(为细密齿), 其齿形曲线是非常接近直线的, 何况罗拉的工作状态对齿形线的要求并不严格. 因此, 实际生产中的设计和制造, 可近似地用直线齿形代替. 由此, 可根据已经给定的罗拉沟槽角 α , 沟槽底宽 b 和沟槽深 h , 在轧轮外圆表面上加工出实用的齿形, 从而设计出所需的轧轮. 轧轮齿形(图5)的尺寸: 齿顶宽 $a_2 = b$, 齿槽深 $h_2 = h$, 齿形角 $\alpha_2 = \alpha$, 齿槽底宽 $b_2 = \pi d_2 / z_2 - (2h_2 \tan(\alpha_2/2) + a_2)$.

轧轮材料为 Cr12MoV, 工作部分硬度为 HRC59~62. 轧轮外圆表面的齿形, 用特制成型铣刀(图6), 在卧式铣床上按照铣斜齿圆柱齿轮的方法铣削, 罗拉的齿形倾角 β 即为螺旋角.

3.4 举例

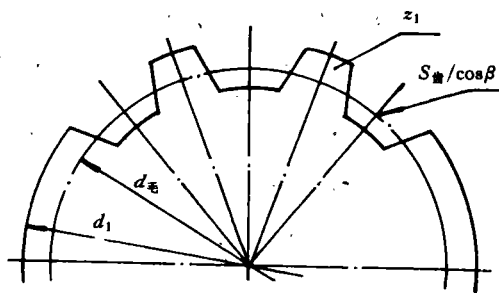


图4 罗拉轴向剖面

以 A513W 细纱机罗拉齿形为例,其已知参数为

$$d_1 = \varnothing(25_{-0.052}^0) \text{ mm} = \varnothing(24.974 \pm 0.026) \text{ mm},$$

$$z_1 = 56, b = 0.4 \text{ mm}, h = 0.45 \text{ mm},$$

$$\alpha = (60 \pm 1)^\circ, \beta = 6^\circ, D_{\max} = \varnothing 170 \text{ mm}.$$

(1) 计算 $d_{\text{毛}}$: 由式(5)算得 $d_{\text{毛}} = 24.544\ 117\ 76 \text{ mm}$, 取 $d_{\text{毛}} = \varnothing(24.6_{-0.05}^0) \text{ mm} = \varnothing(24.575 \pm 0.025) \text{ mm}$, 此即工艺上“粗磨”后的尺寸. (2) 确定 z_2 , 取 $z_2 = 340$. (3) 计算 d_2 , 由式(2)算得 $d_2 = 149.205 \text{ mm}$. (4) 设计轧轮齿形尺寸(图5): 齿顶宽 $a_2 = 0.4 \text{ mm}$, 齿槽深 $h_2 = 0.45 \text{ mm}$, 齿形角 $\alpha_2 = (60 \pm 1)^\circ$, 齿槽底宽 $b_2 = 0.459 \text{ mm}$. (5) 齿形铣刀设计, 如图6所示.

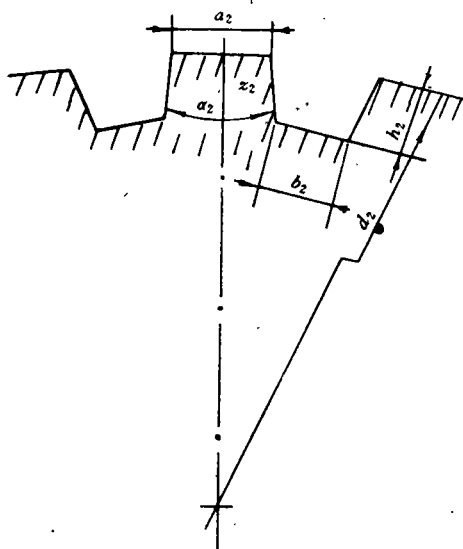


图5 轧轮齿形

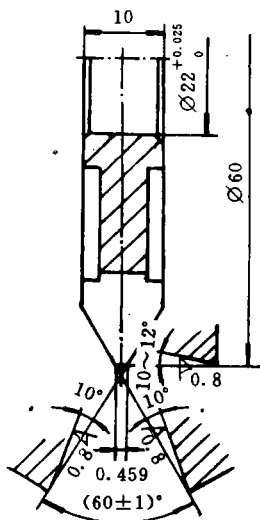


图6 齿形铣刀

4 少齿与沟槽不均匀问题

4.1 少齿

理论上,用上述方法设计的轧轮轧制罗拉,其齿数应是符合规定的.但是,在生产实际中却偶尔会出现齿数减少(少1~2齿),究其原因,是因为轧轮的第1次进刀量较大所致.自由分度式冷轧法轧制罗拉,齿数的获得是因为轧轮在坯料外圆上轧出按规定齿数分度的凹槽.如果一开始轧出的凹槽不成规定的齿数,就无法加以校正.要得到凹槽,轧轮当然要进刀.第一次进刀量要合适,才不致于改变周节弧长而使凹槽数(即齿数)不符合规定,因为周节弧长与齿数是紧密相关的.如节3.4举例用 $z_2 = 340$, $d_2 = 149.205 \text{ mm}$ 的轧轮轧制 $d_{\text{毛}} = 24.575 \text{ mm}$ 的罗拉,轧轮的第一次单边进刀量应取 $f < 0.05 \text{ mm}$,才能得到按规定齿数分度的凹槽数.否则,分度无法精确,一开始轧出的凹槽数将减少,从而齿数也减少.

4.2 沟槽不均匀

在生产实际中,有时会出现罗拉沟槽齿顶宽度大小不一样,沟槽深浅不相同等缺陷,这是

由于所使用轧轮的齿的尺寸不一致和工件材料的材质不均匀所引起的.当坯料外圆上已精确地轧出分度的凹槽之后,轧轮的齿就顺着凹槽轧入而将凸起的金属轧成齿形,因而所用轧轮的齿必须符合尺寸要求.但是,轧轮的铣齿却存在分度误差、铣刀磨损等引起的制造误差,致使轧轮的齿尺寸不一致,从而轧出的罗拉沟槽也不均匀.为此,必须尽可能提高轧轮齿形的制造精度,以减少罗拉沟槽的尺寸误差.另外一个影响因素是工件材料的材质不均匀,出现软硬情况不同,造成轧轮轧入的难易程度不一样,同样使罗拉沟槽不均匀.这方面应该予以避免.

5 结束语

齿形的滚轧加工,不仅应用于罗拉沟槽的制造,而且在齿轮、花键轴、链轮等有齿零件的制造中也得到应用.轧轮作为1种加工工具,必须根据工件的齿形按一定的规范进行设计和制造.上述罗拉轧轮的设计与计算方法,简单易行,对于中、小型企业尤其是乡镇企业的自行开发,有一定的实际意义.

参 考 文 献

- 1 刘裕,陈人哲主编.纺织机械设计原理:上册.北京:纺织工业出版社,1982.139~155
- 2 孟少农主编.机械加工工艺手册.北京:机械工业出版社,1991.16~74
- 3 朱震午编.齿轮的少无切削加工.北京:机械工业出版社,1975.1~14

Rolling of Drawing Roll Grooved Serrated Form Design and Manufacture of Rolling Wheel

He Jiangchuan

(Dept. of Precis. Mech. Eng., Huaqiao Univ., 362011, Quanzhou)

Abstract With regard to the machining of drawing roll grooved serrated form by means of the method of free graduated cold rolling, the author sums up its characteristics. For an efficient design and manufacture of serrated rolling wheel, a simple and easy method applicable to small-and medium-sized factory is inferred.

Keywords roll, grooved serrated form, free graduated cold rolling, rolling wheel