

非对称齿形棘轮插齿刀的制造

南方航空动力机械公司工模具分公司 (湖南株洲 412002) 周泽智

1. 铣刀或砂轮型面的设计

以加工非对称齿形的棘轮插齿刀作为例子来说

明铣刀及砂轮型面的设计。一般情况下,非对称齿形的标注如图1所示。

根据棘轮插齿刀所给出的齿形参数,画出计算简图,见图2。

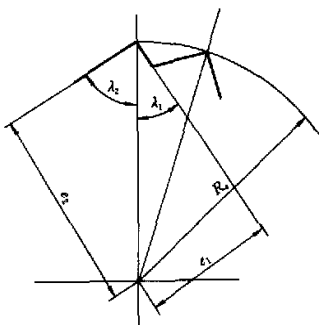


图1 非对称齿形的标注

由计算简图的几何关系可以计算出齿形角 ψ 和齿形偏角 δ , 铣刀或砂轮的型面也就基本上确定了。根据几何关系有:

$$\alpha = 360^\circ / z \quad (1)$$

$$\psi = \alpha + \lambda_1 + \lambda_2 \quad (2)$$

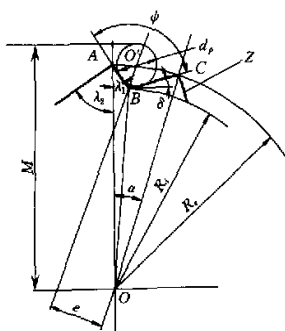


图2 插齿刀齿形的标注

表明,与未涂层、普通单涂层 (TiAlN)、三涂层 (TiC/TiCN/TiN 和 TiC/Al₂O₃/TiN) 刀具相比,后面磨损大为减少,切削时间大大延长。

还有人采用固体润滑剂多层纳米涂层 (MoS/Mo 双材料涂层,共400层,总厚度3.2μm,每层厚8nm) HSS 钻头,钻削 Ti6Al4V 合金,该材料属难加工材料。钻头直径 φ9.5mm,钻削速度 2200r/min,试验表明钻削力减小约33%,钻头磨损速度大大减缓,完全适合干钻削。

随着新型刀具材料的出现,再伴以刀具结构的相应改变 (如陶瓷刀加大 r_e 减小 κ_r),以及涂层新技术的发展,干切削是完全可能的。

(待续)

(收稿日期:20031022)

$$\frac{R_i}{\sin \lambda_1} = \frac{R_e}{\sin [360^\circ - (\psi + \angle OBC)]} \quad (3)$$

在 $\triangle CBO$ 中,有:

$$\frac{R_i}{\sin \lambda_2} = \frac{R_e}{\sin \angle OBC} \quad (4)$$

由 (3)、(4) 两式,有:

$$\frac{\sin \lambda_1}{\sin \lambda_2} = \frac{\sin [360^\circ - (\psi + \angle OBC)]}{\sin \angle OBC}$$

根据三角函数的关系,化简整理得:

$$\tan \angle OBC = \frac{\sin (360^\circ - \psi)}{\frac{\sin \lambda_1}{\sin \lambda_2} + \cos (360^\circ - \psi)}$$

$$\text{即: } \angle OBC = \arctan \frac{\sin \psi}{\frac{\sin \lambda_1}{\sin \lambda_2} + \cos \psi} \quad (5)$$

$$\beta = 180^\circ - \angle OBC \quad (6)$$

$$\delta = \angle OBC - 90^\circ \quad (7)$$

$$R_i = \frac{R_e \times \sin \lambda_2}{\sin \angle OBC} \quad (8)$$

以下为推导测量时跨棒距 M 尺寸的计算:

由图2,根据几何关系有:

$$O'B = \frac{d_p}{2 \sin \frac{\psi}{2}} \quad (9)$$

在 $\triangle O'BO$ 中,有:

$$OO' = \sqrt{R_i^2 + O'B^2 - 2R_i \times O'B \times \cos (0.5\psi + \angle CBO)} \quad (10)$$

如果棘轮插齿刀为奇数齿,则跨棒距 M 为:

$$M = 2 \times O'O \times \cos (90^\circ / z) + d_p \quad (11)$$

如果棘轮插齿刀为偶数齿,则跨棒距 M 为:

$$M = 2 \times O'O + d_p \quad (12)$$

根据以上分析、计算,设计、绘制成铣刀或砂轮型面,见图3:

由图有:

$$S_{1\min} = R_e \times \sin (\psi - \beta - \lambda_1) \quad (13)$$

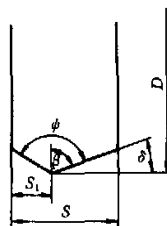


图3 铣刀或砂轮型面



$$S_{\min} = 2 \times R_e \times \sin(\alpha/2) \quad (14)$$

2. 加工方法

由于棘轮插齿刀精度要求较高, 铣削加工满足不了要求, 所以铣齿时留一定的磨量, 待热处理后进行磨削加工, 以达到精度要求。铣削和磨削时的正确对刀对加工起着关键的作用, 在加工时两者的对刀方法都是相同的。所谓对刀, 实际上就是确定铣刀或砂轮所处的横向位置, 进而控制齿形半角 λ_1 和 λ_2 在加工后获得正确的角度值。对刀不正确, 加工出来的齿形半角就会产生或大或小的状况。所以解决对刀问题起着关键的作用。

我们采用铣刀或砂轮的齿尖通过棘轮插齿刀中心的方法进行对刀加工, 首先让铣刀或砂轮的齿尖通过棘轮插齿刀的中心进行试切加工, 通过检测的数据来调整, 直到合格为止。

3. 加工实例及计算方法

以棘轮插齿刀为例, 零件图省略:

根据设计资料, 已知: $\lambda_1 = 34^\circ 30'$, $\lambda_2 = 58^\circ 30'$, $z = 20$, $R_e = 28.925\text{mm}$

因此:

由公式 (1) 可得: $\alpha = 18^\circ$

由公式 (2) 可得: $\psi = 111^\circ$

由公式 (5) 可得: $\angle OBC = 108^\circ 08' 37''$

由公式 (6) 可得: $\beta = 71^\circ 51' 23''$

由公式 (7) 可得: $\delta = 18^\circ 08' 37''$

由公式 (8) 可得: $R_i = 25.953\text{mm}$

在零件图中, 给出的滚棒直径为 $d_p = 8\text{mm}$, 跨棒距 $M = 69.28\text{mm}$, 从测量精度来说我们希望滚棒同齿面的接触点在齿形面的中部附近, 由公式 (14) 计算可得 $S = 2.342\text{mm}$, 齿形较小, 通过计算, 在磨削时可选用 $d_p = 5\text{mm}$ 的滚棒。根据公式 (9)、(10)、(11), 计算得 $M = 62.75\text{mm}$ 。

4. 加工中砂轮的修磨

在加工过程中, 砂轮型面的修磨将直接影响到零件齿形的精度。砂轮的修磨是利用砂轮修整器来完成的, 砂轮修整器的结构示意图见图 4。

为了修磨出正确的型面, 修整砂轮数据的

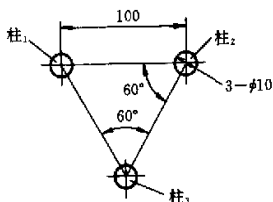


图 4 砂轮修整器示意图

计算也起着关键的作用。如图 4 所示, 为了使金刚石笔能在砂轮修整器上修磨出符合齿形的砂轮型面, 我们在柱₁和柱₂上加装两个圆环, 以控制其角度的形成。示意图见图 5。

由图可知: $\gamma_1 = 70^\circ 51' 23''$, $\gamma_2 = 39^\circ 8' 37''$

根据图 5, 利用三角关系, 可算出:

$$m = 143.45\text{mm}$$

$$n = 41.78\text{mm}$$

因此, 按照以上参数去修整砂轮就能得到符合齿形的砂轮型面。

至此, 根据前面介绍的方法, 设计制造了如图 3 形状的成形铣刀和修磨出了符合要求的砂轮型面, 采用先铣后磨的工艺方案, 正确对刀, 就能成功地加工出符合设计要求的棘轮插齿刀。

5. 检验方法

棘轮插齿刀可以直接放在万能工具显微镜上进行检验, 在仪器上装置测量玻璃平台, 并将零件置于平台之上, 调整影像使之清晰。通过纵横向托架的移动和旋转零件, 使目镜中分划板“米”刻线的中心对称相对的两个非对称齿形的尖点。分划板“米”刻线的中心的确定不是以齿形自然尖点直接对准, 而是以齿形两角度面进行找正对准的, 后一种方法十分精确。如果零件是奇数齿的话, “米”刻线的中心可对准相对一侧齿槽的尖点上。

完成了零件在仪器上的找正后, 接着就可以进行齿形半角 λ_1 和 λ_2 的检验。

旋转手轮, 使分划板“米”刻线的垂直刻线与齿形半角 λ_1 的影像边缘重合, 在角度读数显微镜中读取角度, 即为齿形半角 λ_1 的实际值; 再反向旋转手轮使垂直刻线与齿形半角 λ_2 的影像边缘重合, 读取角度值, 该读数即为齿形半角 λ_2 的实际值, 偏差为实际角度与公称角度之差。

(收稿日期: 20031008)

通知

按国家有关文件规定, 从 2004 年开始, 请每一位投稿者, 在投寄稿件时, 务必将本人身份证号码告知本社, 以便稿件刊登后, 邮寄稿费。同时要写清通讯地址、邮编、电话, 以便联系。