

涡轮盘枞树形榫槽机夹拉刀设计

Design of Special Type Mortise Broach

中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司 牛梦华 彭会文 刘曦 徐岩 钱宝娟



牛梦华

高级工程师, 现任中航工业沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司三级技术专家, 从事刀具设计研究工作 30 年, 曾获《螺钉蜗杆滚刀》等 4 项国家专利。

涡轮盘枞树形榫槽加工是涡轮盘加工的关键工序。完成榫槽加工的关键是榫槽的拉削工序, 决定拉削工序的主要因素有机床、拉刀和夹具。拉刀的设计和制造质量是榫槽的拉削工序中最活跃的因素之一, 也是拉削榫槽时加工涡轮盘榫槽厂家主要考虑的因素。

采用价格昂贵的超硬高速钢制造。而且整体拉刀的刀体和切削部份都是由超硬高速钢材料制造, 制造费用很高。因为涡轮盘榫槽公差很小(工作面公差 0.02mm, 非工作面公差 0.04mm), 所以拉刀重磨数次就要报废, 致拉刀使用寿命短。为了解决上述问题, 设计了一种加工涡轮盘枞树形榫槽机夹拉刀, 用机夹拉刀代替整

体拉刀可以降低拉刀制造成本和减少涡轮盘的加工费用。

机夹拉刀的结构

机夹拉刀结构如图 1 所示。

在高速拉床拉削涡轮盘榫槽的拉刀结构由刀体和切削部分组成, 机夹拉刀是把整体拉刀分为刀体和刀头分别制造, 刀体结构如图 2 所

涡轮盘枞树形榫槽加工是涡轮盘加工的关键工序。完成榫槽加工的关键是榫槽的拉削工序, 决定拉削工序的主要因素有机床、拉刀和夹具。拉刀的设计和制造质量是榫槽的拉削工序中最活跃的因素之一, 也是拉削榫槽时加工涡轮盘榫槽厂家主要考虑的因素。涡轮盘材料是难加工的高温合金, 要保证拉刀能顺利地

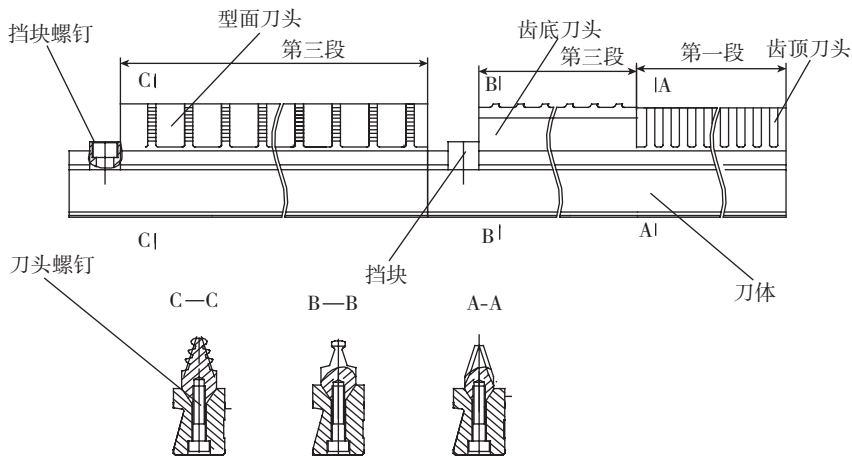


图1 机夹拉刀总图

示,截面 A-A 是刀体主剖面,上部有 60° V 形槽作为刀头的定位面,剖面下部 B 面、C 面是刀体安装在拉床上定位面, D 面是压板的压紧面,刀体的长度可装 20 多个刀齿,刀体的材料选用 CrWMn。刀头结构如图 3 所示,其剖面是一个菱形,在 B-B 剖面中下面 60° V 形块同刀体的 60° V 形槽相配合定位,刀头 60° V 形块下面有 M6 螺钉孔,把刀头安装在刀体上可以用于同刀体联接。B-B 剖面上面是拉刀的切削刃,本段刀头的形状是榫槽齿牙型面。与整体拉刀结构相比,刀头的体积很小,可以节省超硬高速钢材料,缩短拉刀制造周期。

力分布均匀,夹紧力方向应尽可能与切削力方向一致。(3) 机夹拉刀设计要满足零件工艺和制造精度要求。(4) 机夹拉刀机构要求紧凑,最好不外露。(5) 装卸调整刀头应简便、迅速,以缩短辅助时间。(6) 夹紧机构不应削弱刀体的强度,以保证工作安全可靠,并延长刀具的使用寿命。根据拉刀在机床上安装方法和拉刀切削部分拉削方式,机夹刀具的刀体与刀头的连接与一般机夹刀具的压紧形式不同,刀体相当于机夹车刀的刀杆(图 2)。机夹拉刀的刀片形状与一般的机夹刀具刀片不同,它是一个截面菱形有一定长度的块状体,称机

和使用精度,在加工刀头和刀体定位面和装夹后再精加工拉刀型面。另外要考虑的是机夹拉刀的压紧方式,如果采用压板压紧结构,机夹拉刀刀体上空间位置有限,只能用较小的压板和 M4 以下螺钉压紧。此时压板的压紧力太小,在拉刀拉削时,压板夹紧力不能保证刀头在刀体上定位可靠。如果用 M6 螺钉和相应的压板压紧,没有足够的空间放置螺钉和压板。为了保证机夹拉刀刀头在刀体上固定可靠,设计采用从刀体底部用螺钉拉紧刀头的结构。此方法结构简单,容易制造,装卸刀头方便。为了保证拉削过程安全可靠,减小拉削力对压紧螺钉的影响而引起刀头窜动,在刀体左端用挡块挡往刀头,防止刀头在拉削力作用下窜动和减小拉削力对螺钉的作用力。

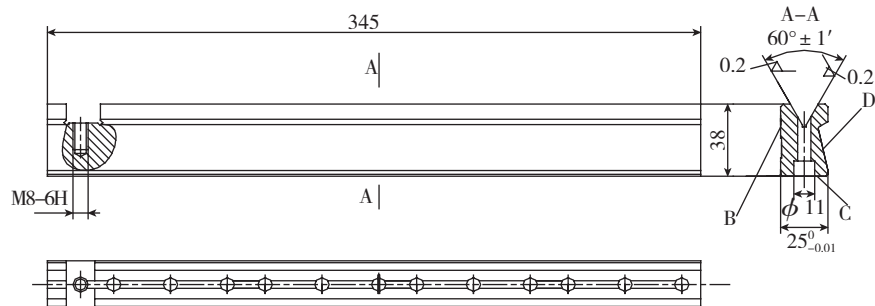


图2 刀体

机夹拉刀的设计原理

机夹刀具分为机械夹固不可转位可重磨刀具和机夹可转位刀具。机夹可转位刀具在车刀、铣刀、圆孔等刀具制造领域已被广泛应用,得到了机械制造行业的普遍认可^[1]。拉刀的刀齿是由多个复杂型面组成,拉刀的切削刃结构决定了刀头很难做成转位结构。如果机夹拉刀设计成不可转位结构,机夹拉刀刀头磨损后,只有重磨机夹刀头后才能使用,所以机夹拉刀是一种机械夹固不可转位可重磨刀具。设计机夹拉刀时,首先要考虑如下几个问题:(1) 刀尖位置要保证足够的精度,刀头安装后,定位精度能满足刀头在刀体中位置要求。(2) 机夹拉刀刀头的夹紧要牢固可靠,夹紧机构要使刀头在切削过程中经得起冲击和振动。夹紧

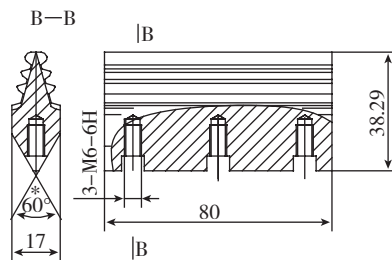


图3 型面刀头

夹拉刀刀片为刀头。设计机夹拉刀时,主要考虑定位方式和刀头压紧结构。为保证刀头的重复定位精度,我们采用 V 形槽定位。在刀体上加工出 V 形槽,刀头上加工成 V 形块。V 形槽定位中心位置精度高。为了保证定位准确,刀体 V 形槽的形状精度和位置精度都有很高的要求,刀体 V 形槽对底面高度误差的要求不大于 0.005mm ,对中心线的要求不大于 0.005mm 。为保证机夹拉刀的制造

涡轮盘枞树形榫槽机夹拉刀设计

常用的加工涡轮盘枞树形榫槽拉削工艺有卧式拉床和高速拉床,所选用的工艺方法是在高速拉床加工榫槽。设计涡轮盘机夹拉刀方法除结构与整体拉刀不同外,其他(如拉削方式等)均与整体拉刀高速拉刀设计方法相同,以下是机夹涡轮盘枞树形榫槽拉刀设计方法。

1 拉削方式的选择

合理的拉削方式是保证加工的涡轮盘枞树形榫槽能否达到设计图纸要求和拉刀的使用寿命的关键因素。一般高温合金涡轮盘枞树形榫槽加工采用渐成法和成型法相结合的拉削方式,即粗开槽和粗开齿型用渐成法,精拉齿型用成型法。

2 拉削工步的确定

设计榫槽拉刀时,拉削工步选择的是否合理直接影响到被加工榫槽的精度。一般情况下根据被加工涡轮盘型面的复杂程度和尺寸大小、拉削深度,拉刀拉削过程可分为 3 步,即粗开槽工步、粗拉榫槽型面和精拉

榫槽型面。由于型面大部分余量是由粗开槽刀拉削,所以粗开槽刀刀齿较多,拉刀较长,在高速拉削机床上拉削榫槽,考虑拉刀的制造工艺和拉刀的装夹方式的要求,中等大小的榫槽型面要 5~8 把拉刀。大型涡轮盘枞树形榫槽要 20 多把粗开槽刀^[2]。

3 拉刀的齿升量、前角和后角的选择

(1) 齿升量。合理地选用齿升量对设计拉刀十分重要,齿升量过大,切削力增大,增加拉刀和涡轮盘变形,导致冷作硬化的深度和程度以及表面粗糙度加大。当设计粗拉刀时在保证拉刀寿命的前提下,尽量选择较大的齿量,这样可以既缩短拉刀长度,又提高劳动生产率。当设计精拉刀时,要从考虑保证加工榫槽型面精度的前提下确定齿升量。通常涡轮盘粗拉刀齿量选 0.04~0.06mm,精拉刀选 0.02mm。

(2) 拉刀前角后角的选择。拉刀几何角度的选择,是设计拉刀中的一个重要因素。粗拉刀齿升量较大,选用较大的前后角,前角 γ 值为 $15^\circ\sim 18^\circ$ 、后角 α 值为 $3^\circ\sim 5^\circ$ 。设计精拉齿型刀时为了增加拉刀寿命,一般选较小后角, α 值为 $1^\circ 30'\sim 3^\circ$ 。

4 拉刀容屑系数、齿距和齿形的选择

容屑系数 K 是当切屑自由地充满容屑槽有效部分时,齿间的有效面积与切屑纵向截面的实际面积的比值。为了保证容屑槽有足够的空间使拉刀正常拉削,应满足下列条件:

$$\pi r/LS \leq K, \quad (1)$$

式中 L 为拉削长度, r 为齿间容屑槽半径, S 为齿升量。

考虑零件的材料和切屑厚度,齿距用下式确定:

$$t_{\max} = 2.75 \sqrt{aK_{\min}} \times \sqrt{L} \quad (\text{加工脆性材料}), \quad (2)$$

$$t_{\min} = 3.1 \sqrt{aK_{\min}} \times \sqrt{L} \quad (\text{加工韧性材料})^{[3]}, \quad (3)$$

式中, a 为切屑厚度, K_{\min} 为最小容屑系数, t_{\min} 为最小齿距, t_{\max} 为最大齿距。

5 确定拉刀的长度

(1) 确定粗开槽拉刀把数是根据被拉削涡轮盘尺寸、材料、拉削长度、拉削深度和粗开槽拉刀齿升量拉刀齿距确定粗开槽刀把数。

确定粗开槽刀把数方法:粗开槽刀齿数为 $Z=A/S$, 其中 Z 为粗开槽刀齿数, A 为粗开槽余量(齿深), S 为齿升量;粗开槽刀总长 $L_z = Z \times t$, 其中 t 为粗开刀齿距;粗开槽刀把数 $N=L_z/L_1$, N 为粗开槽刀把数, L_1 为每把粗开槽刀长度。

(2) 确定粗开型面拉刀把数。根据齿型牙深计算拉削余量,重新确定粗开型面拉刀的齿升量和齿距,按粗开槽刀公式计算粗开型面拉刀把数。

(3) 确定精拉型面拉刀把数。为拉刀制造和调试方便,一般精拉刀设计成槽底精拉刀、齿顶精拉刀和齿型精拉刀 3 段。由于精拉余量都比较小,所以精拉刀的长度都比较短。

6 绘制拉削方案图

为了使用拉刀和处理拉刀制造和使用问题方便,根据每把刀拉削余量的形状绘制拉削方案图。

7 绘制拉刀图纸

根据以上参数设计粗开槽刀,绘制拉刀图纸。

8 渐切拉削涡轮盘榫槽拉刀齿形计算

(1) 渐切拉削的抬高计算。在设计粗拉齿型拉刀时,为了拉刀制造工艺方便和减小拉刀拉削力,粗拉齿型拉刀设计成渐切拉削方式。设计成渐切拉削方式的拉刀要进行抬高设计,保证拉刀刀齿有合理的侧隙角,计算方法可查参考文献航空工艺装备设计手册《刀具设计》。

(2) 测量拉刀滚棒位置尺寸的计算。制造拉刀时需要用滚棒来测量刀齿的有关尺寸,因此要计算滚棒的测量位置。滚棒的测量尺寸有 K 值, M 值,计算方法可查参考文献航空工艺装备设计手册《刀具设计》^[3]。

9 绘制拉刀图

根据以上计算参数设计粗拉齿

型拉刀和精拉刀,绘制拉刀图。

机夹拉刀的使用

机夹拉刀的正确使用是机夹拉刀能否广泛应用的主要因素之一。在使用机夹拉刀加工涡轮盘榫槽时,要检查刀头装夹是否牢固可靠,机夹拉刀在拉床上压紧是否正确。在拉削过程中,由于榫槽型面公差很小,精刀型面尺寸磨损很快,在拉刀型面尺寸等于小于零件最小尺寸后,机夹拉刀的定型齿就不能继续作为定型齿使用。定型齿可以作切削齿使用,第二切削齿到最后定型齿都可以使用,把第一切削齿卸掉,定型齿和剩下几个切削齿同时向后移动,在原来定型齿位置安装一新的定型齿。这样,只换一个定型齿,机夹拉刀就可以再使用。一个定型齿刀头拉刀寿命相当于整体拉刀一把拉刀的寿命。

结束语

机夹拉刀的设计是可行的,按工厂现有加工能力,能够制造出精度达到设计要求的机夹拉刀,刀头在刀体 V 形槽中定位准确可靠,刀头夹紧牢固可靠。用机夹拉刀在试验件下进行了拉削试验,拉削过程平稳可靠,拉削成型涡轮盘榫槽符合图纸要求。通过拉削试验,证明机夹拉刀使用功能满足了加工涡轮盘榫槽形面精度要求。试验结果说明机夹拉刀可以在生产中应用。机夹拉刀在国内外是首创(各种资料无机夹拉刀介绍),可以大大减少拉刀的制造费用和节省国家稀缺资源,如能在社会上推广,社会效益巨大。

参考文献

- [1] 张基岚. 机夹可转位刀具手册. 北京:机械工业出版社,1994.
- [2] 楼希翱,薄化川. 拉刀设计与使用. 北京:机械工业出版社,1990.
- [3] 航空工艺装备设计手册《刀具设计》. 北京:国防工业出版社,1979.

(责编 小城)