

聚四氟乙烯材料薄壁类零件车削加工

■ 中国电子科技集团公司（安徽合肥 230088） 王建中 王 平

摘要：本文讨论了聚四氟乙烯材料薄壁类零件的车削加工方法的研究和探索，通过研究该类零件易受温度变化影响、尺寸精度保证难等问题，总结出了该类零件车削加工较为稳定的工艺方法及参数。

聚四氟乙烯（PTFE，F4）是当今世界上耐腐蚀性能最佳材料之一，因此有“塑料王”之美称。它是由四氟乙烯经聚合而成的高分子化合物，具有优良的化学稳定性、耐腐蚀性、密封性和良好的抗老化耐力，能在+250℃～-180℃的温度下、任何种类化学介质中长期使用。这种材料解决了世界范围内化工、石油及制药等领域的许多问题。与其他塑料相比，具有耐化学腐蚀与耐温优异的特点，因此，它已在石油化工、电子电器、军工、航空及机械等领域被广泛用做密封材料和填充材料。

通常情况下，聚四氟乙烯材料的切削加工可在常用切削机床上进行，但与金属材料加工相比，其加工规范性还不是很完善，它的可切削性、切削规律、刀具结构和切削用量均与金属材料的加工有所不同，采用传统的加工工艺和工装加工往往达不到产品的设计要求。所以有必要对这种材料的零件加工做进一步研究。

1. 零件结构特征

聚四氟乙烯材料在机械加

工中具有切削力小、导热系数低、热膨胀系数较大及熔点低等工艺特点。本文所讨论的聚四氟乙烯薄壁零件，其特点是薄片式结构，壁厚较薄，且具有各种凹槽、倒角等结构，在车削加工过程中易受热变形的影响，给尺寸和形位公差的精度控制带来不确定因素。

其中的典型零件滑动环，安装在XXSAR伺服平台滚动轴内，用于密封滚动轴壳体和U形框架之间的转台轴承。为了在最大限度密封的同时减少滑动摩擦，滑动环采用薄片开槽式结构，并考虑到摩擦力等因素，设计中采用聚四氟乙烯作为原材料。其零件结构与加工特性主要有：

（1）片式结构。零件外径153mm，总厚度仅为 $2.5^{+0.08}_0$ mm（见图1），可见该零件加工时难以夹持。

（2）结构特征多。为了减少接触面积从而减小滑动摩擦等

因素，设计了众多的槽（矩形、V形）、倒角等，且特征尺寸较小，其两端面一端为矩形沟槽及内台阶，另一端为V形沟槽，到内孔、外圆边缘均为0.5mm，厚度最薄处约0.5mm，在材料易变形的情况下更是增加了零件加工难度。

（3）非金属材料对温度敏感。在常温下，聚四氟乙烯材料的线膨胀系数约为 10×10^{-5} （1/℃），车削时产生热量会导致变形，恢复常温时出现超差。

（4）非金属材料易变形且精度要求高。

2. 加工工艺试验

零件毛坯采用 $\neq 6$ mm厚的方形板料，在车削加工前，先由高速铣将聚四氟乙烯板的厚度加工至 $2.5^{+0.08}_0$ mm，然后经过热处理工序进行热校平，但平面仍存在0.3～0.6mm翘曲，造成车削加工时零件环面断裂（见图2），无法实现车削加工。

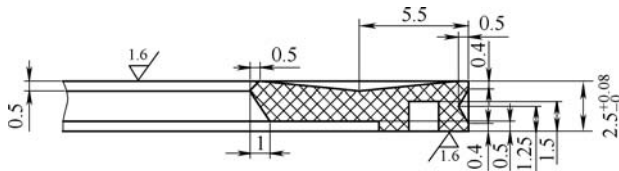


图1 零件局部视图

经分析得知,造成零件断裂、无法车削加工的主要原因如下:

(1) 在车削加工前,虽经过工艺过程控制,聚四氟乙烯板平行度达到0.015mm以内,但平面度仍存在翘曲,虽可能不影响使用,但影响车削加工。

(2) 车削加工时,聚四氟乙烯板无法装夹平整,切削板料突起时造成断裂。

(3) 该零件两大平面都需加工,无论先加工哪一面,翻身加工另一面时,安装面都会有空腔,使得安装基准面出现装夹不平实、不可靠,刀具切入时造成零件撕裂。因此需要通过改进车削方法、装夹方式,克服车削时零件断裂的弊端,才能实现车削加工,保证零件完全符合设计要求。

3. 工艺措施

由于该零件存在薄片式结构、特征多且易变形等加工困难,根据上述分析,采取了以下主要3项措施:

(1) 重新设计夹具。采用圆形、环形压板及仿形工装的方式压装零件,设计工艺孔、外圆,增加装夹面积,提高车削端面时的零件刚性,促使零件在夹具体内被全面无遗漏装夹,保证最大程度覆盖零件的非加工区域(见图3),同时保证零件与安装基准面紧密贴合,装夹平整。

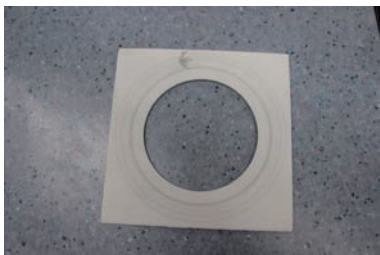


图 2

(2) 优化加工路径。最大程度地增加零件加工状态的稳定性,减小加工变形。具体加工路径为如下:

加工工艺孔:利用自制花盘车削工艺孔 $\phi 100.5^{+0.05}_0$ mm,为后续车加工提供定位基准,以及增加零件装夹面积(见图4)。

车削工艺外圆:换上新夹具母体,以工艺孔 $\phi 100.5^{+0.05}_0$ mm为定位基准,用直径为152mm圆形压板,选用螺栓中心压紧零件,车削外圆至 $\phi 158$ mm代替零件实际外圆 $\phi 153^{+0.20}_0$ mm,作为后续车削加工工艺外圆,增加装夹面积,使零件在夹具体内更加平整(见图5)。

车削两端面各类槽:采用环形及圆形压板,压实零件的工艺



图 3

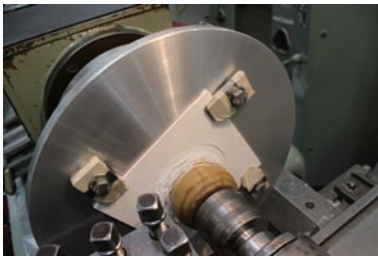


图 4

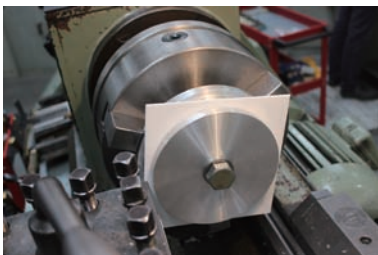


图 5

外圆与工艺内孔,加工两端面的矩形槽、V形槽、倒角及台阶孔(见图6)。

加工外形:用直径为152mm圆形压板压紧零件,车削外圆达图样要求,装夹方式不变,换刀具加工外圆处V形槽(见图7)。

加工内形:用环形压板压实零件外圆,车削内孔达图样尺寸(见图8)。

(3) 刀具材料与几何参数的选择。由于聚四氟乙烯材料的加工性能良好,刀具材料一般选择刃磨性能良好的高速钢。刀具几何参数的选择上,前角和后角的选择至关重要。如果其前角、过大,在切削时易造成扎刀现象,损坏零件;前角、后角过小,则



图 6



图 7

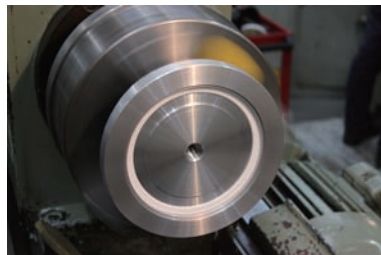


图 8

(下转第54页)

齿圈齿形参数对照表

类型	齿数	模数	螺旋角/(°)	变位系数	热处理方式
现内齿圈	101	16	7.75	0.417 8	氮化
原内齿圈	93	16	4	0.85	渗碳淬火

普S2000) 回转工作台最大直径1 700mm, 齿圈成品最大外径1 950mm, 由于各铣齿工序与热处理工序穿插进行, 各道工序均留有余量, 粗铣齿工序齿圈最大外径1 970mm, 内孔径1 590mm, 超出工作台最大直径且齿圈最大外圆接近铣齿机的最大回转直径。另外, 齿圈螺旋角增大, 粗铣齿齿宽450mm, 需考虑工装及零件装夹。

我们采取了以下措施: 通过斜度等高工装延伸机床回转工作台, 解决零件的装夹、找正问题, 如图3所示。

但是在粗铣齿加工过程中

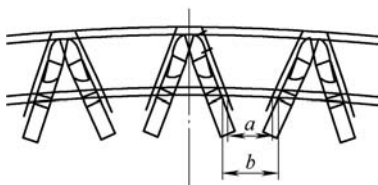


图2 基准齿形与刀具齿形对比

发现机床振动大, 齿面波纹状比较严重, 精铣齿时无法达到齿面表面粗糙度质量要求, 影响后续磨齿工序, 工作效率极低, 振动原因分析过程中发现图3所示斜

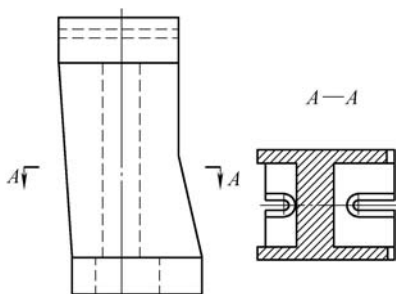


图 3

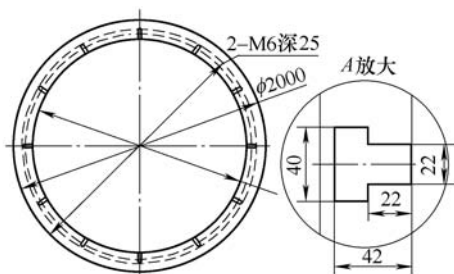


图 4

度等高工装, 仅与工作台用一条T形螺钉把合, 且等高块外延较多, 引起振动, 为消除振动, 设计如图4所示环形垫板, 将斜度等高块、环形垫板及机床回转工作台紧固联接在一起, 提高斜度等高块与机床回转工作台的联接刚性, 消除振动, 提高零件加工表面粗糙度质量, 完成零件加工。

4. 结语

本次技术创新有两个技术攻关, 完成齿圈的铣齿工序, 满足设计要求: ①采用试切加工工艺方法, 借助CAXA设计软件测量基准齿形与刀具齿形理论值与实测值对比, 确定齿形切深及齿厚的测量, 完成零件加工。②通过工装延伸机床回转工作台, 解决零件的装夹、找正问题, 消除振动, 提高零件加工表面粗糙度质量, 完成零件加工。

参考文献:

- [1] 范俊广. 数控机床及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.

MW (收稿日期: 20160802)

(上接第52页)

切削阻力过大, 切削时易造成较大切削热, 可能引起零件热变形。所以一般将前角设为 $12^{\circ} \sim 15^{\circ}$, 后角为 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。由于聚四氟乙烯材料加工后要获得较低的表面粗糙度值, 刀具各切削面的表面粗糙度质量对其影响较大, 因此, 刀具刃磨时各切削面表面粗糙度值需控制在 $R_a=1.6\mu\text{m}$ 以下, 同时也有利于降低切削热产生时引起的材料变形。

通过上述3项主要措施的实

施, 不仅使零件装夹平稳、服帖, 而且还有利于加工过程中的快速降温散热, 从而保证了零件的加工可靠性、稳定性, 使原来不可能的车削加工变成了可能, 同时也保证了零件加工质量, 最终实现了XXSAR滑动环非金属材料薄壁零件的车削加工。

综上所述, 聚四氟乙烯材料薄壁类零件的车削加工必须依靠有效的工装进行平稳装夹, 防止材料在加工过程中因受切削力影响产生翘曲以致加工失败。

参考文献:

- [1] 白宝州, 王克强, 杨庆辉. 聚四氟乙烯材料车削加工方法探索[J]. 精密制造与自动化, 2014 (4): 47-48.
- [2] 李换朝, 胡增建, 张雷. 某薄壁零件车削加工工艺研究[J]. 金属加工(冷加工), 2014 (5): 32-33.
- [3] 王红庆, 郭英杰, 李春明. 薄壁聚四氟乙烯制品的车削[J]. 机械工程师, 2004 (3): 60-61.

MW (收稿日期: 20160813)