

钛合金薄壁锥形滤网的数控加工

陈银¹, 黄俞淇², 杨嵩³

¹浙江经贸职业技术学院; ²杭州欧博科技有限公司; ³天津职业技术师范大学

摘要: 通过分析钛合金薄壁锥形滤网的加工难点, 针对加工过程出现的网格形位偏移、网格破裂、厚度不均和厚度超差等缺陷, 制定了该零件的数控加工工艺。采用提高零件自身结构刚度、装夹刚度以及销孔周向准确定位的优化措施, 有效解决了因加工震颤而导致网格形状位置偏移和破网的问题, 保证了薄壁滤网壁厚尺寸精度。优化后的加工工艺是保证钛合金薄壁锥形滤网加工质量的关键, 可为类似钛合金薄壁零件的加工提供参考。

关键词: 钛合金; 薄壁; 锥形滤网; 工艺优化

中图分类号: TG659; TH161

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1000-7008.2019.09.022

NC Machining of Thin-walled Cone Filter of Titanium Alloy

Chen Yin, Huang Yuqi, Yang Song

Abstract: Through analyzing the processing difficulties of the thin-walled cone filter of titanium alloy, aiming at the defects of grid shape and position deviation, grid fracture, thickness irregularity and thickness deviation in the processing process, the numerical control processing technology of the part is developed. The optimization measures to improve the structural and the clamping rigidity of the part, and to accurately position the pin hole are taken to effectively solve the problems of the part's grid shape and position deviation and net breakage caused by machining vibration. At the same time, the dimensional accuracy of the wall can be ensured. The optimized processing technology is the key to ensure the processing quality of thin-walled cone filter of titanium alloy, and could provide a reference for similar parts processing.

Keywords: titanium alloy; thin wall; cone filter; process optimization

1 引言

钛合金薄壁锥形滤网通过滤网上的细小网格过滤气体颗粒物杂质, 一般用于深井气体开采工作环境。这种滤网具有壁薄、两端工作截面积不同且呈锥形、周身均布多个网格等特点, 滤网质量轻, 刚性好。工矿条件要求滤网材料具备高强度、高耐磨特性和抗腐抗压能力, 对滤网材质提出了很高的要求。钛合金材料具备密度小、强度高、抗腐蚀、耐高温的优良特性, 其切削加工技术也日趋成熟, 目前广泛应用于许多领域^[1-5]。

本文优先选取钛合金为原材料来加工这种超薄滤网。由于钛合金材料普遍存在弹性变形和高温化学活性大、热导系数和弹性模量小、硬度高、塑性低、易出现加工硬化等诸多难切削加工特性, 是典型的难加工材料^[6-12], 本文在综合考虑该零件整体结构、工况使用要求、钛合金材料的特殊性能以及加工难度后, 选用 TC 类钛合金作为薄壁锥形滤网的原材料。经过实际应用发现, 其性能完全满足实际工况的使用要求。但由于零件材料为 TC 类钛合金,

并且零件具有网格结构和薄壁的特点, 使零件很难加工。为此, 本文在钛合金薄壁滤筒数控加工工艺的基础上进行优化改进, 得到加工钛合金薄壁锥形滤网的合理工艺。

2 加工难点和加工工艺

(1) 加工难点

钛合金薄壁锥形滤网结构见图 1。该零件整体呈锥形网格状结构, 在全长 85mm 的表面上总共分布有 420 个网格, 网格上下间隙为 $0.18 \pm 0.02\text{mm}$, 整体壁厚尺寸为 $0.3 \pm 0.02\text{mm}$, 表面粗糙度值要求为 $R_a = 1.6\mu\text{m}$ 。其整体结构具有典型薄壁件的特征, 造成该零件刚度不足, 加工过程极易引起振颤, 从而影响加工精度。由毛坯加工成合格零件后材料去除率达到 95% 以上, 其加工工艺属于大开粗薄壁曲面多轴镂空加工。钛合金薄壁锥形滤网的加工技术难点: ①保证 420 个网格均无破裂; ②保证 420 个网格均无形位偏移; ③保证尺寸 $0.3 \pm 0.02\text{mm}$ 和表面质量 $R_a = 1.6\mu\text{m}$ 的精度要求; ④保证全长 85mm 上壁厚均匀。

(2) 加工工艺

为了解决上述加工难点, 必须深入研究加工工

艺,以找到相应解决措施。了解和掌握钛合金薄壁滤筒的数控加工工艺^[13,14],参照借鉴该工艺后制定钛合金超薄滤网零件的加工工艺,并根据实际加工情况进行工艺优化改进。

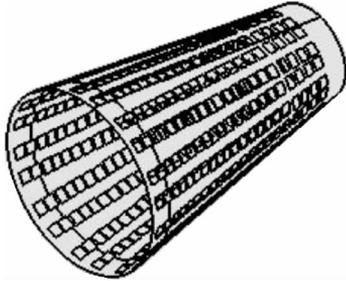


图1 钛合金薄壁锥形滤网结构

具体的加工工艺和各工序的技术要点如下:

第一步,粗、精车外圆、内孔和总长。精加工后加工余量为:外圆留1mm,内孔留0.1mm,两端分别加长预留7.5mm的工艺夹头,保证总长为100mm。大端加长7.5mm的工艺夹头是通孔,按原锥度自然过渡延长内外圆。小端加长7.5mm的工艺夹头为盲孔,内外圆按原锥度自然过渡延长0.5mm,剩余的7mm外圆直径尺寸减小5mm后加工成圆柱。出现直径尺寸变化的轴肩为后序去除工艺夹头作定位装夹准备,原锥度大端延长7.5mm和小端延长0.5mm的目的是为了在去除两端工艺夹头后保证总长100mm方向的锥度完整性。

第二步,按锥度在大端工艺夹头处配作工艺堵头,配合长度小于7.5mm;在小端工艺夹头处端面加工2个 $\phi 5$ 定位销孔(见图2)。利用左端锥孔堵头、右端平面双顶尖夹紧,通过两个销孔定位和传递扭矩的装夹方式,将零件固定在五轴数控加工机床上,完成外圆及420个网格的加工。

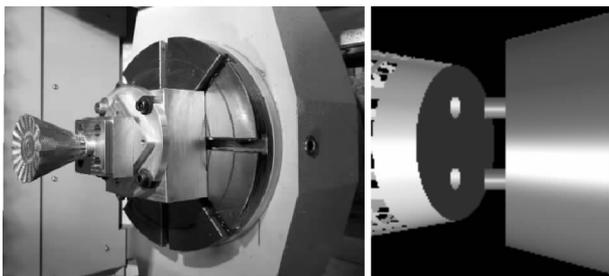


图2 五轴加工工装右端装夹定位

第三步,根据锥度精车内孔,其目的是清除翻边毛刺等。因加工余量很小,刀具应选用自刃磨车刀。刃磨时,需合理增大前角、后角和刃倾角,以保证刀具足够锋利,便于毛刺清除。

第四步,采用线切割切掉两端的工艺夹头,保证

总长后由钳工修理毛刺、锐边倒钝。

第五步,根据钛合金的研磨抛光加工工艺对外圆进行表面美化处理^[15]。

3 技术难点解决措施

制定好钛合金薄壁锥形滤网的加工工艺后,针对前面分析的技术难点,需在加工过程中找出相应的解决措施对加工工艺进行优化。具体改进和优化措施如下:

(1) 保证420个网格均无破裂

由零件的整体薄壁结构造成零件刚度不足,刀具在加工零件时产生振颤而导致网格破裂,因此消除或减少振颤是解决网格破裂的关键。一般来说,精加工之前的加工余量都较小,该薄壁结构零件的加工振颤不可避免。

解决措施如下:①增大加工余量为1mm,使整体结构不具备薄壁特点,并在网格加工过程中同时进行外圆加工;②两端预留工艺夹头,以实现平面双顶尖的夹紧方式,变悬臂梁为两侧夹固定,可极大提高零件的装夹刚度,从而能消除或减少振颤,有力保证网格加工过程不会出现破裂;

(2) 保证420个网格均无形位偏移

因零件装夹方式不合理、加工振颤造成零件定位面和定位基准产生定位误差而导致形位偏移。具体改进措施:图2中小端工艺夹头端面处的2个 $\phi 5$ 定位销孔,不仅传递扭矩,同时实现零件周向定位。即使加工过程有振颤,也可保证周向定位准确可靠。平面双顶尖夹紧和配工艺堵头的装夹方法可以准确实现零件的轴向定位,通过零件的周向和轴向定位,完全能保证零件在整个加工过程中定位原点不漂移,从而保证所有网格的形状和位置不会出现偏移。

(3) 保证尺寸和表面质量精度要求

保证尺寸 $0.3 \pm 0.02\text{mm}$ 和表面质量 $R_a = 1.6\mu\text{m}$ 的精度要求,主要从加工环境温度变化、主轴冷热伸缩和刀具跳动或刀具磨损量三个方面考虑相关措施。如果不能有效管控相关因素会导致超差。加工环境温度变化引起热胀冷缩会造成主轴冷热伸缩量变化不稳定,刀具跳动和刀具磨损会引起加工误差。因此,需要注意管控加工温度、刀具跳动和刀具磨损。

精加工时应避开早晚时间段,宜在外部环境温度相对稳定时进行。同时,在加工设备主轴正常运转一段时间且温度稳定后,要确保在主轴冷热伸缩量变化最小的情况下进行精加工。每次外部精加工

结束后对刀具进行跳动检测,记录刀具实际跳动变化量以便及时调整内部精加工时的余量补偿数据。对刀具磨损量进行观察和检测,得出精加工刀具可保证工件尺寸精度的加工数量。在批量生产过程中,记录刀具加工数量和及时更换刀具可以保证工件尺寸精度。

(4) 保证全长壁厚均匀

产品质量要求保证全长 85mm 壁厚均匀。通过测量锥网上段各处位置的厚度,发现厚度变化并没有明显的规律。厚度变化主要由切削力导致受力变形而引起,刀具磨损会增大切削力而导致变形,切削液冲击也会导致变形。

对薄壁厚度不均匀的问题进行加工细节管控的具体措施有:①调整切削液喷嘴位置,在精加工时避免直接将切削液喷在零件上,以免零件受切削液冲击力产生变形,从而导致尺寸不均匀;②刀具跳动或刀具磨损使切削层厚度发生变化,会导致切削力变化。要对每一把精加工刀具的跳动进行严格管控,必须将跳动量控制在 $5\mu\text{m}$ 以内,才能保证厚度尺寸均匀一致。

在实际加工过程中,注意刀具管理和零件装夹,密切关注加工振颤,运用加工工艺中的具体措施解决加工技术难题。最终加工出的钛合金薄壁锥形滤网见图 3。



图3 加工合格的钛合金薄壁锥形滤网

4 结语

钛合金薄壁锥形滤网是难加工材料制成的薄壁结构零件,其刚度差、装夹困难、易产生加工振颤、变形和尺寸超差是实际加工中的技术难点。本文通过研究加工工艺以解决技术难点,具体措施如下:

(1) 销孔周向准确定位,利用 2 个 $\phi 5$ 销孔定位,在有加工振颤时也能保证周向准确定位。

(2) 提高零件自身结构刚度,薄壁零件可在粗加工或半精加工时增大加工余量来提高零件刚度,从而克服加工振颤,使精加工过程平稳,提高加工效率。尤其对于某些部位不用加工的薄壁结构零件,

为了降低加工难度,可从毛坯开始考虑整体结构刚度的问题,最终可能会降低总体加工成本。

(3) 提高零件安装刚度,薄壁结构零件加工应采取两端固定的装夹方式,避免采用悬臂梁式固定。当零件本身结构不允许时,可考虑预留工艺夹头,并在最后工序中安排去除夹头。

参考文献

- [1] 陈国三. 钛合金薄壁件高速铣削加工技术的研究与应用 [D]. 南京:南京理工大学,2016.
- [2] 赵灿,陶广福,郭延艳等. 钛合金薄壁件铣削振动实验研究[J]. 黑龙江科技大学学报,2015(4):381-385,393.
- [3] 李亚宏. 钛合金铰链零件加工工艺改进[J]. 工具技术,2013,47(11):57-59.
- [4] 刘丽娟. 钛合金接头类零件工艺方案分析及加工[J]. 工具技术,2017,51(6):136-138.
- [5] 孙源池. 基于纳米涂层刀具铣削钛合金薄壁件的加工特性研究[D]. 沈阳:东北大学,2015.
- [6] 刘杨. 钛合金薄壁件腹板加工工艺参数优化[D]. 成都:西南交通大学,2016.
- [7] 王丰超,张硕,姚振强,等. 钛合金螺旋铣孔工艺参数对孔加工质量的影响[J]. 机械设计与研究,2015(2):101-104.
- [8] 苏文瑛,刘玲玲,夏升旺. 钛合金芯轴车削加工工艺的改进[J]. 组合机床与自动化加工技术,2018(1):135-136,140.
- [9] 育红. 薄壁零件的变形分析和加工精度控制[J]. 机床与液压,2014(14):194-196.
- [10] 黄宇峰,左敦稳,徐锋,等. 基于刀具磨损的钛合金薄壁件加工变形研究[J]. 机械制造,2015(5):70-72.
- [11] 李先健,李维亮,江波,等. 飞机钛合金接头零件耳片槽加工方法研究[J]. 机床与液压,2017(10):31-33.
- [12] 张博林,姜忠平. 某钛合金高精度薄壁零件加工方法研究[J]. 航空精密制造技术,2016(4):49-51.
- [13] 王同刚,杨嵩,董旭. 钛合金薄壁滤筒数控加工工艺分析[J]. 煤矿机械,2012(2):92-94.
- [14] 任国柱,杨嵩,程磊,等. 薄壁钛合金套数控加工工艺[J]. 金属加工(冷加工),2016(14):26-28.
- [15] 宁龙举,刘先生,杨嵩,等. 钛合金滤筒的研磨抛光实践[J]. 煤矿机械,2018(4):71-72.

第一作者:陈银,硕士,实验师,浙江经贸职业技术学院,310018 杭州市

First Author:Chen Yin, Master, Experimentalist, Zhejiang Institute of Economics and Trade, Hangzhou 310018, China