

薄壁锥度壳体类零件数控车削 工艺与装夹研究

■ 中国工程物理研究院机械制造工艺研究所（四川绵阳 621900） 刘本良 张 敏 钱志强 殷 俊

摘要：针对某典型薄壁锥度壳体类零件，设计了一种专用工装。工装采用底孔和锥面进行定位；利用旋转液体的离心力增强工件的刚度，减少或消除加工过程中的切削振动，从而提高了零件的加工质量和精度。研究了此零件的车削加工工艺，保证典型零件加工达到了设计要求。工装设计和车削工艺的探索对薄壁件精密加工具有指导意义。

薄壁零件因为具有质量轻、节约材料和结构紧凑等特点，被广泛应用于各工业领域。但是薄壁零件的机械加工比较棘手，也一直困扰着整个机械行业。

薄壁零件是指圆直径与壁厚之比 $D/\delta = 50 \sim 150$ 、壁厚 $\delta = 0.25 \sim 2\text{mm}$ 的零件。这种零件是典型的弱刚性零件，相对刚度较低，加工工艺性差，对振动、切削力及切削温度等均十分敏感，加工起来易变形和产生振动，不易控制加工精度和提高加工效率，越接近最终加工尺寸时加工越困难。因此，采用何种手段才能最大限度地提高薄壁件的加工精度是一个亟待解决的问题。

1. 零件工艺性分析

某典型薄壁锥度壳体类零件结构如图1所示。零件长度为229mm，最大外径达到154mm，局部壁厚为 $(2 \pm 0.05)\text{mm}$ ，且存在 53° 的锥度。零件材料为45钢。该零件为典型的高精度、薄壁类零件，具有薄壁、高精度及

低刚性等特点。由于存在锥度，工件更加容易受到扭力影响，加工难度更大。

在加工中需要控制和减少变形。而造成工件变形的因素很多，受力变形是主要因素，这些力主要是夹紧力和切削力。具体通过设计合理的工装以及装夹方式，结合合理的加工参数，减少受力变形。

2. 工艺路线选择

工艺方案设计在机械加工中起到至关重要的作用，合理的工艺路线有利于零件的精度保证和加工效率的提高。工艺路线的选择一般分为粗加工、半精加工和精加工3个阶段，并在工序之间安排热处理时效，以去除内应力。

本工件的工艺方案采用“先粗后精、先内后外”的原则，即：粗加工→调质处理→半精加工→精加工。在粗加工和半精加工中，留有一定的加工余量。在精加工内型时，应保证零件一定的壁厚，壁如果太薄，则夹紧力会使零件变形；如果太厚，加工外形时，零件也会变形。在精

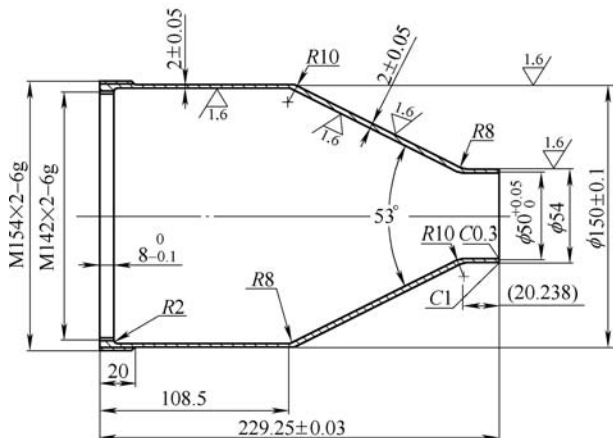


图1 典型薄壁件结构

车外形时，由于工件的壁厚比较小，因此设计专门的工装进行加工。

3. 工装设计与加工

(1) 工装选择：薄壁件在加工过程中容易产生受力变形，而设计合理的工装是减少或者避免变形的重要手段。在粗加工和半精加工时，由于切削余量很大，因此采用三爪自定心卡盘进行装夹；在精车内型时，由于留有一定的外形切削余量，通过与大外圆 $\phi(150 \pm 0.1)$ mm在此工序的尺寸配做开口2mm的开口套，把开口套装在大外圆 $\phi(150 \pm 0.1)$ mm上，采用三爪自定心卡盘夹紧开口套，进而夹紧工件进行加工，这样既能够完成装夹、又能够防止变形；在精车外形时，由于接近最终尺寸，因此需采用专用工装进行装夹。

(2) 精车外形专用工装：精车外形时，重要的是定位基准的选择。根据工件的结构，选用 53° 内锥面及 $\phi 50^{+0.05}_0$ mm定位。因此在加工内型过程中，控制 53° 内型成 $53^\circ \pm 5'$ ，作为精车外形的基准。

整体的工装装配如图2所示。整套专用工装包含心轴、心轴螺钉、压板、密封键、密封键螺钉及垫片等。心轴提供定位以及支撑，压板通过心轴螺钉和心轴联接，进一步限制工件的X、Y、Z三个方向以及绕X轴和Y轴旋转共5个空间自由度；通过心轴螺钉7的夹紧，使心轴的锥面和工件的内锥面贴合，提供接触的摩擦力，在一定程度上限制了绕Z轴的旋转。在精加工中，通过三爪自定心卡盘装夹心轴的 $\phi 200$ mm外

圆，采用千分表找正工件外圆 $\phi(150 \pm 0.1)$ mm在0.02mm以内，通过控制工艺参数及配合专用工装减少切削力的影响。顶尖不参与加工。

在精加工中，切削液（纯净水）通过心轴上的长方形楔子浇注到工件和心轴之间，切削液灌满后，通过螺栓把密封键旋紧，起到密封的作用。在加工中，工件旋转，从而带动密封在工件和夹具之间的切削液旋转，切削液产生离心运动，附着在工件内壁，对工件有力的作用，根据力的相互作用原理，增加了工件的刚性，从而减少了加工过程中的切削振动。

心轴设计如图3所示，其中重点控制锥度 $53^\circ \pm 5'$ ， $\phi 50$ MF（Matched Fit：配作）与工件 $\phi 50^{+0.05}_0$ mm孔配作，保证相互间隙0.01~0.02mm； $\phi 50$ MF与工件内螺纹小径配作，保证间隙0.01~0.03mm。压板、密封键等关键部件的尺寸如图4、图5所示。

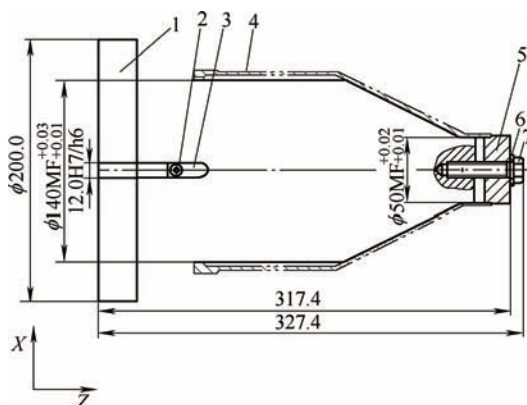


图2 精加工工件和专用工装装配图

1.心轴 2.密封键螺钉 3.密封键 4.薄壁件 5.压板 6.垫片 7.心轴螺钉

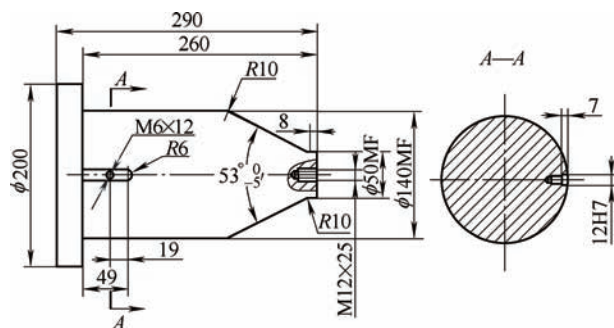


图3 精车外形心轴结构

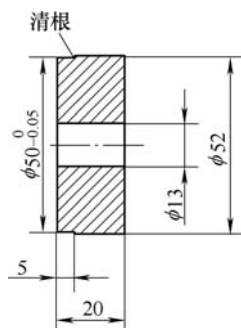


图4 压板结构

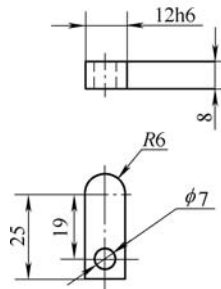


图5 密封键结构

(3) 工件加工：采用长城 CK7840A 机床完成工件的加工。根据前述工艺路线分析以及工装的设计选择，具体加工工艺如附表所示。

工艺过程表

工序名称	工步号	工步内容	刀具	夹具	设备	量具	主轴转速/ (r·min ⁻¹)	进给量/ (mm·r ⁻¹)
粗车 内外形	1	粗车端面，单边留余量2.5mm	主偏角93° 外圆偏刀	三爪 自定心 卡盘	CK7840A	0~300mm 卡尺	500	0.2
	2	粗车外形，控制φ150mm及M154为170mm，其余部分单边留余量不小于10mm	主偏角93° 外圆偏刀			0~200mm 卡尺	500	0.2
	3	粗车内形，单边留余量2.5mm	107.5° 内仿形车刀			0~200mm 卡尺	400	
调质处理	1	调质达到硬度220~250HBW						
半精车 内外形	1	车端面，控制总长(229.23±0.03)mm	主偏角93° 外圆偏刀	三爪 自定心 卡盘	CK7840A	225~250mm 外径千分尺	600	0.15
	2	半精车内形，单边留余量0.5mm	107.5° 内仿形刀			150mm 沟槽卡尺	600	0.15
	3	精车内螺纹M142×2mm-6g	内螺纹车刀			塞规	400	
	4	车外形控制φ150mm及M154为φ165mm，控制φ54mm为φ75mm	主偏角93° 外圆偏刀			0~200mm 卡尺	500	0.15
精车内形	1	上开口套，精车内形，控制对应φ(150±0.1)mm部分内形尺寸成φ(148±0.02)mm，控制53°锥度成53° ^{+5'} ，精度由程序保证，控制吃刀深度0.3~0.4mm	内仿形车刀	开口套	CK7840A	150mm内径 量表/50mm 内径千分尺	400	0.1
精车外形	1	夹具定位，精车外形，控制φ(150±0.1)mm尺寸成φ(150±0.03)mm	刀尖半径0.2mm、 35° 外圆仿形车刀	专用 工装	CK7840A	外径千分尺	600	0.1
	2	车外螺纹	外螺纹车刀				500	

4. 加工效果

通过设计合理的工装和工艺，工件完成了加工。采用U形检具多点测量壁厚，工件壁厚控制在 $2^{+0.05}_{-0.05}$ mm以内，满足设计要求。

5. 结语

本文以一个典型薄壁锥度壳体类零件的实际加工为例，探索了薄壁件的工装设计和车削工艺。根据典型零件的结构设计了专用工装，工装采用底孔和锥面作为定位基准，利用旋转液体离心力的方式进一步提高工件的刚性。通过车削工艺的研究和专用工装的设计，实现了典型零件的加工，提高了零件的加工质量和

精度，具有很好的指导和借鉴意义。

参考文献：

[1] 张涛, 李汝常, 冯再新. 大型铝合金薄壁件精密加工技术[J]. 机械工程与自动化, 2005 (2) : 61-62.
[2] 卫光伟. 薄壁圆筒零件的工艺措施探析[J]. 装备制造技术, 2011 (2) : 90-91.
[3] 徐鸿本. 机床夹具设计手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2004.
[4] 刘守勇. 机械制造工艺与机床夹具[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994.

MW (收稿日期: 20160216)

专家点评

该文介绍薄壁壳体零件的车削加工工艺。一般对于这种工件，都需要设计心轴增强工件刚性，避免发生切削变形。文中所用的方法比较典型，对心轴的结构、公差等都做了详细的介绍。该文的亮点在于切削液在离心力作用下增强工件刚性的方法，比较新颖实用，对读者有一定的指导意义。