

某薄壁空腔盒体的数控铣削加工

杨永艳 彭小容

贵州航天风华精密设备有限公司

DOI:10.12238/etd.v5i2.7096

[摘要] 本文针对某薄壁空腔盒体在加工中极易产生变形,导致加工的零件难以满足设计的尺寸精度、形位公差、表面粗糙度要求的难题,对零件加工难点进行分析,并找出加工此类零件最合理的加工方法。主要包括:零件结构及加工难点分析,针对加工难点提出解决方案,通过合理安排数控铣削加工顺序、恰当的加工方法和刀具切削用量等,有效地解决了该加工难题,值得同类产品加工时参考和借鉴。

[关键词] 薄壁空腔; 加工变形; 工艺块; 加工方法; 切削参数

中图分类号: TV332.4 **文献标识码:** A

CNC milling of a thin-walled cavity box body

Yongyan Yang Xiaorong Peng

Guizhou Aerospace Fenghua Precision Equipment Co., Ltd

[Abstract] This article focuses on the problem that a thin-walled cavity box body is prone to deformation during processing, which makes it difficult for the processed parts to meet the designed dimensional accuracy, positional tolerance, and surface roughness requirements. The article analyzes the difficulties in part processing and identifies the most reasonable processing method for processing such parts. This mainly includes: analysis of part structure and machining difficulties, proposing solutions for machining difficulties, and effectively solving the machining difficulties through reasonable arrangement of CNC milling machining sequence, appropriate machining methods, and tool cutting amount. It is worth referring to and learning from when processing similar products.

[Key words] thin-walled cavity; processing deformation; process block; processing method; cutting parameters

引言

某薄壁空腔盒体其结构如图1所示,该零件材料为2A12-T351铝合金,外形和内腔在数控铣床上加工,由于盒体外形较大,且盒体内腔为空腔,盒体壁及中间的筋较薄,筋及内壁上延伸出的部分上下都是悬空的,所以在加工过程中极易产生变形,从而导致零件尺寸精度、形位公差及表面粗糙度等难以满足图纸要求。为此,我们通过对产品结构及加工难点进行分析,选择合适的加工工艺流程、加工方法及加工参数等有效的解决了产品加工过程中易产生变形的情况,保证了产品质量。

1 零件结构分析和加工难点

1.1 结构分析

盒体结构如图1所示,图中仅标注部分关键尺寸及公差,从图中可看出,零件外形尺寸为长 $290^{+0.1}$ mm宽 $168^{+0.1}$ mm厚 $24\text{mm} \pm 0.1\text{mm}$,零件中间的筋为 $2\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$,筋上延伸出的部分厚度为 $3 \pm 0.05\text{mm}$ 、内壁上延伸出的部分厚度仅为 $2^{+0.05}\text{mm}$ 、 $3 \pm 0.05\text{mm}$,尺寸精度要求高,并且零件内腔大部分为空腔,延伸出的部分皆是悬空的,上下均无支撑,零件壁厚薄,内转角为R1.5mm及R2mm,

这些结构特点使得加工难度极大。

1.2 加工难点

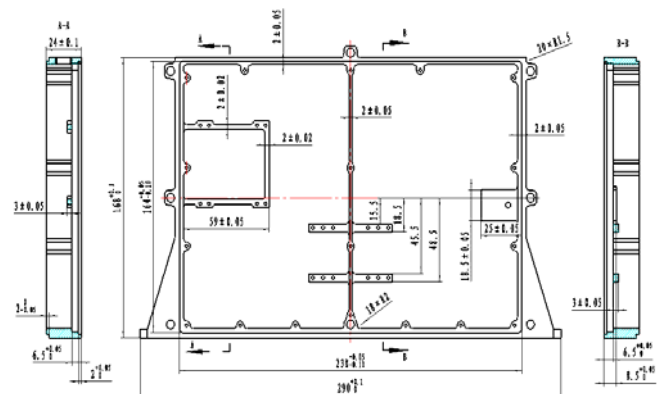


图1 某薄壁空腔盒体示意图(图中标注尺寸单位均为mm)

该零件结构看似简单,但要保证产品尺寸精度难度极大,主要存在以下四个难点:

(1) 零件由板材加工而成,工件内腔除了中间的筋及延伸部

分外,其余全是空腔,材料去除量较大,零件整体容易变形。(2)零件中间的筋尺寸为 $164^{+0.05}_{-0.1}mm \times 2mm \times 17.5mm \pm 0.1mm$,零件外形尺寸大,铣削过程中振动大、变形大,无法保证零件尺寸精度及表面粗糙度要求。(3)零件内腔中除中间2mm筋外,其余部分较薄且全是悬空的,上下均无支撑且厚度都不大,加工时极易变形。(4)内转角R小,内腔里所有内R为R2,外形上的内R为R1.5,转角内R小,但是零件厚度较厚,这样就导致加工转角时刀具直径小,刃口长,容易断刀。

2 解决方法

2.1 合理安排工艺流程

针对加工难点一,考虑从工艺流程上入手,将加工过程分为:

(1)粗铣:用面刀铣平上下两面,保证平面度,单边留0.5mm余量,工装板装夹,粗铣工件正反面;(2)时效:人工时效,去除切削热应力;(3)精铣:铣对反面内腔,筋及各部分深度,打孔;(4)精铣:铣正面内腔,筋及各部分深度,打孔;(5)数铣:铣侧面下限,方腔并打孔;

2.2 选择合理的加工方式

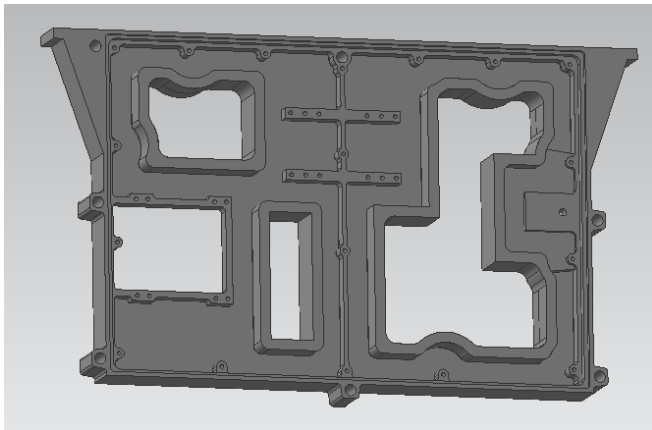


图2 工艺块留取三维造型图

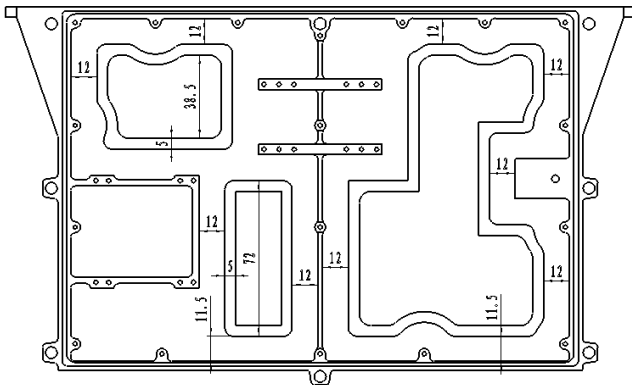


图3 工艺块留取二维示意图(图中标注尺寸单位均为mm)

2.2.1 粗铣型腔时选择合理加工方式

针对零件内腔各部分加工易变形的难点,采用留工艺块的方法来解决难题。工艺块的留取方法如图2及图3所示,为了防止

工件在加工过程中变形较大,在工件内部较大空腔处都留有工艺块,使得装夹及铣削时中间2mm的筋及悬空部分有支撑点,避免了加工过程振动过大。另外,为了粗铣时能释放一定的应力,防止精加工后变形及便于搭压板,将工艺块的中间铣成空腔。粗铣时单边留有余量0.5mm,工艺块与工件的连接就利用厚度方向的余量来连接,精加工时余量去除,工艺块自然脱落。

2.2.2 粗铣圆角时选择合理加工方式

为了提高加工效率,粗铣时选用直径10mm的立铣刀,这样就使得精加工时圆角处余量较大。若圆角转角处用 $\Phi 3$ 立铣刀铣削又存在刀具小,刀刃长,刀具易断的问题,为了解决这一难题,保证圆角处R的加工精度,采取的办法为粗加工时在工件外形上有R1.5的地方用钻头加工成 $\Phi 2$ 的孔,将型腔内部转角为R2的地方加工成 $\Phi 3$ 的孔,这样精加工时余量较少并均匀,可有效避免出现断刀。

2.2.3 精铣型腔时选择合理加工方式

精加工选择合理的加工顺序,为了便于装夹和保证加工精度,将有凸台的一面留在最后加工,先加工图4所示方向,铣内腔时装夹方式如图,在加工过程中要特别注意的是工艺块上一定要搭压板,以防止工艺块在铣削过程中振动使工件变形。

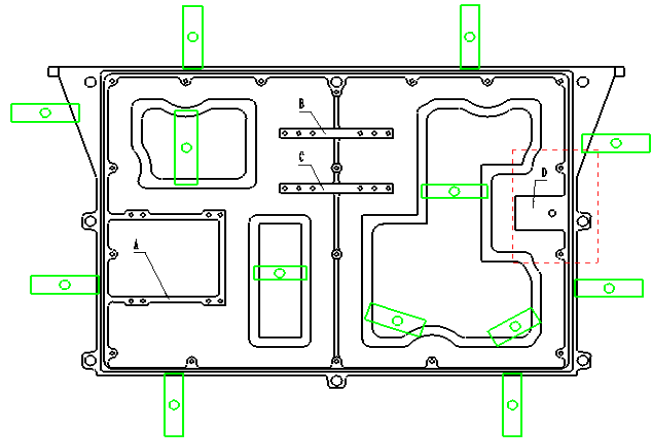


图4 正面精铣装夹示意图

精铣这一方向时重点在加工A、B、C、D四处时的铣削深度。如果加工深度过深,工艺块会脱落使其失去作用,若铣得过浅,加工反面时工艺块不能自然脱落,要想使其脱落,正反两面就要接刀,这样会产生接刀痕,也会使工件振动,产生变形。所以加工深度应该刚好为其实际的深度尺寸,这样工艺块靠厚度方向余量连接,当铣另外一个面时余量去除,工艺块自然脱落。此外还要特别注意图中右边型腔的加工深度,因为D处和B、C两处的厚度不一样,若按B、C两处加工,D处深度会过深,周围工艺块会被铣穿使其无连接产生振动,若按D处加工,除D处周围小部分区域外,其余部分深度又过浅,所以在加工时要选择不同的下刀深度,红色宽选区域按D处深度加工,其余部分按B、C两处的深度来加工,铣完型腔后换压板铣工件外形。

精加工图5所示方向时,先按图示方式压板装夹,加工零件表面 $20-0.05mm$ 的下陷及厚度方向尺寸,然后在工件外形四周加

压板装夹,加工工件内腔,加工内腔时工艺块上也要搭压板,防止工艺块在脱落时跳动拉动零件或影响走刀。加工内腔时重难点在A、B两处的加工方法,加工时走刀方向应该按图示箭头所示方向走刀,从外向里加工,如果从里向外加工,加工到边缘工艺块脱落时A、B两处的两端因无支撑与拉力会产生较大的振动,工件被碰伤,按图示方向加工时,加工两端时工艺块还未脱落对工件有支撑作用不会产生振动,而工件中间的筋也会对其有作用力,这样就能使零件具有稳定性,保证其加工精度,减少或消除变形,当腔内所有厚度尺寸加工到小时,工艺块自然脱离工件。

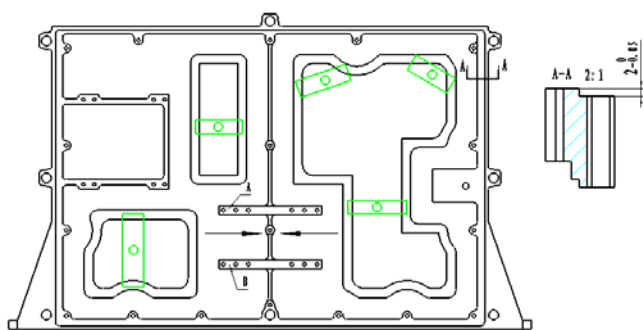


图5 反面精铣装夹示意图(图中标注尺寸单位均为mm)

2.2.4 精铣圆角时选择合理加工方式

加工外形先用直径 $\Phi 6\text{mm}$ 的立铣刀,转角 $R1.5$ 处单独用 $\Phi 3\text{mm}$ 的铣刀利用层切的加工方式垂直向下铣削,加工内腔时,因内腔内 R 为 $R2$,选直径为 $\Phi 4\text{mm}$ 刀长 20mm 的铣刀,先以打孔的方式留 0.1mm 的余量加工 $R2$ 处,再用 $\Phi 4$ 的铣刀铣内腔形状,这样既能提高加工效率还能保证圆角的尺寸精度和垂直度。

至此,零件关键工序加工就完成了,接下去是侧面型腔及孔的加工、攻丝等一系列工作,后序工作便顺理成章。

2.3 选择合理切削用量

切削用量是加工中的重要参数,其值的合理与否对加工质量、加工效率、生产成本等有着非常重要的影响。切削用量的三要素指切削速度 v 、进给量 f 、切削深度 a_p ,所谓“合理的”切削用量是指根据不同零件的材料和结构特点选择合适的切削用量。对于薄壁空腔零件来说切削用量的选择更是至关重要。如果进给量过大,切削力就随之变大,对于此类内腔较深的零件来说极为不利,切削力过大,工件阻碍刀具切削时会产生较大的弹性变形和塑性变形,另外,切削区会产生切削热而产生热变形,如果进给量过小,切削力有所下降,但零件表面的粗糙度会增大而且降低加工效率,所以在零件加工过程中,粗、精铣采用不同的进给量再配以合适的转速,粗加工时采用低转速,高进给,可提高生产率,精加工时采用高转速适当降低进给量,这样既能降低零件的表面粗糙度,减小零件变形,保证产品质量还能提高生产率。

3 结束语

在对某薄壁空腔盒体的研制加工中,通过合理安排工艺流程,合理留取工艺块,选择正确的加工方式,选用合适的刀具、切削用量,可靠的装夹方式,成功的解决了零件加工易变形、尺寸精度和形位公差难及表面粗糙度难保证的难题,提高了零件的加工精度,保证了产品质量,提高了加工效率。虽然该零件的整体结构并不复杂,但是作为薄壁空腔易变形零件,它的加工思路值得同类产品加工时参考和借鉴。

[参考文献]

- [1] 机械加工工艺手册 R1.0[J].CAD/CAM与制造业信息化,2006(9):17.
- [2] 刘建豪,王洪广,葛金翠,等.高职《数控加工编程与操作》课程教学改革探索[J].内燃机与配件,2020(08):267-268.
- [3] 石美玉,齐晓杰,安永东,等.基于卓越工程师培养的汽车制造工艺课程改革与实践[J].中国冶金教育,2015(1):25-27.