

异形波导盖板的加工方案及改进

陈天进

贵州航天南海科技有限责任公司 贵州遵义 563000

摘要：某型号产品异形盖板是航天产品上的结构件，在加工过程中变形比较严重，通过采用自制楔形工装、高速动态铣削的加工方式来减小零件在加工过程中产生的热变形。将零件校平以后，在其自然状态下通过自定心卡盘改装的专用夹具夹持，自制精镗刀扩大器来精镗中间沉孔，精度得到了保证。

关键词：异形；加工精度；楔形工装；镗刀扩大器

1 序言

异形薄板类零件一直是机械加工行业的一大难题，其主要的难点就在于零件不规则，厚度比较薄。在机械加工的过程中需要通过设计制作专用工装和专用刀具才能保证其加工精度。异形盖板的加工是通过设计制作楔形侧夹夹具来加工基准面，然后，加工方式采用动态铣削，以减少产生的切削热。精镗孔时，采用自制的镗孔专用工装和镗刀扩大器，来保证产品的加工精度。

2 零件整体分析

某型号产品异形盖板是航天领域产品中的重要构件，材质为不锈钢（1Cr18Ni9Ti），此种材质的塑性比较好，硬度较高，切削性能较差，加工的过程中很容易产生变形。

该零件属于异形零件，产品跨度大（354.4mm×305.1mm），厚度只有3mm，属于薄板类零件的典型，零件中空，与4块筋板连接的部位不到1mm，如图1所示。

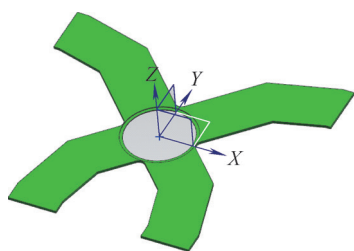


图1 异形波导盖板实体

如图2所示，该产品的跨度比较大，尺寸精度要求比较高。其中中心沉孔 $\phi 92.6\text{mm}$ 的公差为0.02mm，平面度要求0.05mm，线性尺寸公差要求0.05mm，位置尺寸公差要求0.08mm。未注尺寸公差为GB/T 1004-F级，属于精密级公差要求。

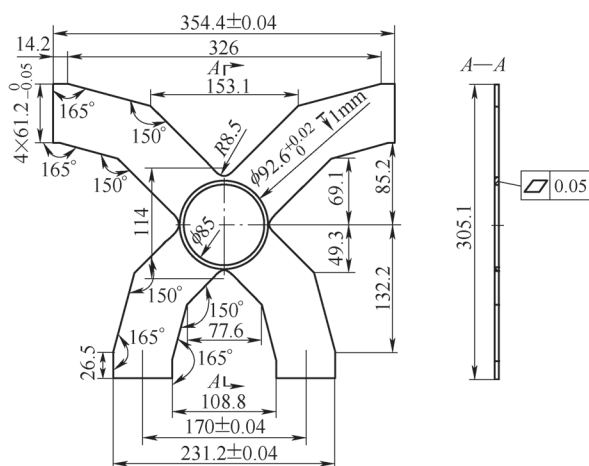


图2 异形波导盖板加工要求

由于该零件是不规则的零件，厚度较薄，故在加工过程中如何防止产品变形、选择合理的中间精密孔加工方法和如何防止尺寸超差是该零件加工的关键。具体如下：

- 1) 如何保证零件基准面加工的平面度。
- 2) 如何减小零件在加工中的变形程度，并保证其几何公差达到图样要求。
- 3) 如何保证零件在不变形或者自然状态下，选择合理的加工方式来加工中间沉孔，并保证其加工

精度。

3 零件加工设备的选择

该零件的加工设备选择精密立式三轴加工中心（见图3），机床型号为V20i，该设备的机床参数如下。

- 1) 加工轴数：3轴。
- 2) 加工行程：500mm×400mm×450mm。
- 3) 刀库存储容量：20把。
- 4) 主轴定位精度：0.015mm。
- 5) 主轴圆跳动：0.005mm。
- 6) 重复定位精度：0.0035mm。
- 7) 工作台平面度：0.01mm。

根据产品的外形尺寸大小和精度要求，该设备可以满足零件的加工精度要求，故选择此机床加工。



图3 精密立式三轴加工中心

根据对零件的分析，该产品材质为不锈钢，所以其加工刀具选用不锈钢专用涂层刀具，刀具分为粗、精加工，孔加工的刀具选用精密镗刀。

选用50~100mm的内径千分尺和塞规配合使用检测中间沉孔，用三坐标测量仪检测其位置尺寸精度和角度，用精密带表卡尺检测其线性尺寸。

4 传统加工方法及存在的问题

4.1 零件传统的加工方法

该零件传统的加工工艺路线为：激光切割下料→钳→加工中心加工→钳。传统的加工方法是先用压板压持四周，铣中间基准面，然后换压板铣周边基准面与中间接平；然后翻面压持采取挖槽和外形铣削的方式加工厚度和外形；再采用外形铣削的方式加工中间孔；最后转入钳工进行去铣加工毛刺和清洗包装入库。

4.2 传统加工方法存在的问题

该零件采用传统加工方法的问题主要表现在以下几点。

- 1) 零件基准面平面度较差且存在接刀痕。
- 2) 零件加工完以后产品变形比较大（变形在0.3~0.6mm），导致了关键尺寸超差。
- 3) 零件中间沉孔尺寸超差且圆度较差。

4.3 原因分析

由于零件毛坯本身平面度比较差且不规则，激光切割以后，校平比较困难，压板分两次压持加工基准面，松开压板以后零件发生了反弹，从而使其平面度低，存在接刀痕。翻面将零件强制压持在工作台上加工，采取挖槽的方式对零件进行精加工，加工时刀具整个底刃去切削零件，接触面积较大，刀具受力比较大，加工过程中产生了大量的切削热，从而导致了产品变形严重。

采用外形铣削的方式加工，属于联动铣削，由于设备自身联动存在一定的间隙，所以，中间沉孔的公差难以保证。

5 改进后加工方案的确定

5.1 零件加工工艺分析

改进后的零件加工工艺路线为：激光切割下料→钳→加工中心1加工→钳→加工中心2加工→钳。首先由激光切割按照图样要求下料，单边留5mm的装夹余量；其次由钳工将零件毛坯校平到0.3mm以内；然后，加工中心按照图样要求进行加工，中间沉孔进行半精加工，沉孔 $\phi 92.6\text{mm}$ 留精加工余量0.2mm；下一步转由钳工校平至0.1mm以内；再由加工中心自制镗孔工装，采取镗削的方式对其进行精加工；最后转入钳工进行去铣加工毛刺和清洗包装入库。

5.2 零件基准面工装夹具的研制及基准面的加工

加工该产品的关键就是基准面的加工，如何保证基准面加工的平面度。经过认真分析该零件的特性，研究讨论采用自制楔形侧夹工装对零件进行装夹，如图4所示。该工装利用了楔形力矩传递的原理，将上下受力转换成左右受力，这样就可以实现让零件处于自然状态下加工基准面。

该工装主要由3个定位座、4个楔形活动块、4个楔形压板和4个固定座等组成。通过锁紧螺钉来控制

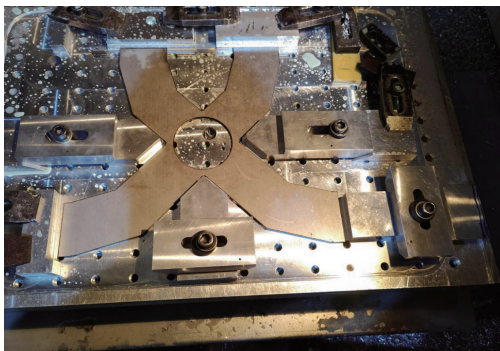


图4 采用楔形工装加工基准面

零件受力的大小。

零件基准面的加工不能一次性到位，需要多次翻面进行铣面，以消除其加工产生的内应力，直到保证其平面度达到0.1mm以内为止。

5.3 零件的装夹方式及切削方式

零件的装夹方式为先在产品的中心孔处钻一个螺钉孔，用M12的螺钉将产品锁紧，产品外形周边压持压板固定，如图5所示。

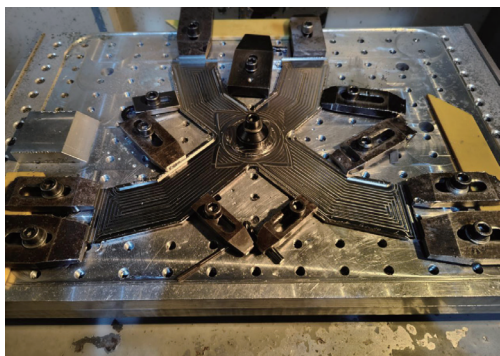


图5 改进后的零件装夹效果

然后，采用高速动态铣削的方式粗加工产品外形。采用高转速、快进给的高速动态铣削模式对零件进行铣削，以刀具侧刃圆弧点去接触工件。刀具和零件的接触面积和接触时间大大地减少，刀具受力也相应的降低，从而减小了零件在加工过程中产生的热变形和由于加工应力释放不均导致的变形程度。

5.4 中间沉孔的精加工方案

由于中心沉孔 $\phi 92.6\text{mm}$ 精度要求比较高，孔的公差只有0.02mm，所以在工艺路线中增加了一道半精加工，待零件校平以后，以自然状态的方式来进行精加工。孔的精加工采用镗削加工方式，如何让零件在自然状态下进行精镗孔呢？经过反复的讨论

和试制，最后决定利用自定心卡盘来改装镗孔的专用夹具。最后，采用自制的镗刀扩大器来精镗孔，以保证孔的尺寸精度。

5.5 中间沉孔精加工的工装研制及装夹方式

如图6所示，专用夹具是利用自定心卡盘的工作原理，在其基础上加装3块垫块，将垫块用AB胶粘在卡盘上面；再在垫块上面加工 $\phi 85\text{mm}$ 外圆凸台，深1.6mm，使之与零件中心孔（ $\phi 85\text{mm}$ 孔）实现过渡配合。3个垫块在这里可以起到防振和固定的作用；最后，利用卡盘的反爪夹紧零件，如图7所示。



图6 自定心卡盘改装镗孔的专用夹具



图7 镗孔的专用夹具装夹

5.6 中间沉孔的精镗刀研制及孔的加工

由于中间沉孔 $\phi 92.6\text{mm}$ 的孔径较大，用普通的镗刀无法加工这种大孔径的孔。如果购买大孔径的镗刀，成本较高且会耽误零件的生产周期。经过讨论决定，由我们自己设计研制一个镗刀扩大器。所谓镗刀扩大器就是在普通小孔径镗刀的基础上加装一个孔径扩大装置，如图8所示。该装置通过自行设计研发，即将原有的镗刀镗孔范围加大。从图8可以看出，镗刀扩大器的销轴部分是与镗刀主体联接的，其配合方式采取过渡配合，下面部分孔联接镗刀刀杆，其配合方式为过盈配合。

镗刀扩大器的加工材质选用45钢，其上部分



图8 镗刀扩大器装配效果

小轴和下部分内孔采用磨削加工，最后进行调质处理，以增加其硬度和耐磨性。

将镗刀扩大器联接完毕后，进行试切加工，如图9所示，证明自行设计研发的镗刀扩大器是可行的。



图9 镗刀扩大器试加工效果

需要注意的是：孔与4块板筋联接处比较薄，故孔的加工不能一次性加工到位，必须分层进行精镗，采用多次镗削的方式进行精加工，直到保证孔精度为止。

6 改进后零件加工方案的验证

零件第一道加工中心工序加工完以后，经过平板检测，产品的变形量在0.2~0.3mm之间；然后转入钳工去毛刺，校平在0.1mm以内；最后经过精镗孔，保证了产品的加工精度，经过检测，产品的加工合格率为100%，如图10所示。

首件检验合格证					
日期	5-27	班次	白	工序	粗铣
令号				名称	盖板
图号	CF-02			数量	4
加工者(自检)			检验员(专检)		
实 测 尺 寸	354.42	R35	354.379	326.018	
	61.85	110.62	14.170	162.448	
	142.4	265.2	61.185	165.027°	
	324.02	132.24	15.0.018°	28.55°	
	112.42	50.42	6.152	165.017°	
	69.42		150.014°	110.602	
	77.62	85.24	69.586	85.178	43.820
	110.64		50.349	132.221	
	108.32	30.2	231.178	108.784	
	174.02	495.02	187.936	110.646	
结 论	261.22	992.4 J1	77.636	148.971°	14.370
			148.988	148.971°	
签字			24.474	305.489	
合格数			492.613	203.057	
不合格数					

图10 零件加工检测结果

7 结束语

通过此次零件的试制加工方案的研究，大大地提高了自己的加工技能水平和加工异形零件的能力，总结了一定的加工经验。针对此类零件，采取辅助工装和辅助装置进行加工，可以满足图样要求，加工质量得到了有效提升，如图11所示，也为今后加工类似零件奠定了一定的基础。



图11 零件加工成品

参考文献:

- [1] 曹静, 贾顺雨. 机械制图[M]. 北京: 机械工业出版社, 2016.
- [2] 赵长明, 刘万菊. 数控加工工艺及设备[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [3] 龚定安. 机床夹具设计原理[M]. 2版. 西安: 西安交通大学出版社, 1993.
- [4] 宁广庆, 肖庆和. 机械制造质量控制技术基础[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
- [5] 徐茂功. 公差配合与技术测量[M]. 2版. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [6] 丁仁亮. 金属材料及热处理[M]. 5版. 北京: 机械工业出版社, 2017.