

铸铝框架类零件的精密加工

贵州航天乌江机电设备有限责任公司
中国人民解放军驻 3655 厂军事代表室

(遵义 563003) 张玉峰 郑继康
(贵州遵义 563003) 白红英

精密加工技术是一项系统工程,它集机床、工具、计量、数控、材料、环境控制等成果于一体,针对不同的加工对象,不同的设计要求,综合地加以利用。超精密加工技术也都是在其有关的技术支撑的条件下,逐步发展起来的,同时又往往取各项技术的崭新成果来加以充实、提高。超精密加工技术每前进一步,都离不开创新,这是由超精密加工技术所处的位置决定的,因为这门技术始终处在发展的前沿,面对飞速发展的需求就决定了它必须创新。

在各类零件加工中,框架类零件的加工是最为复杂和困难的。框架类零件的主要特点是具有较高同轴度和相交垂直度的孔系。这些孔系中的孔一般孔径较大,且有圆度和圆柱度要求;有些零件根据设备的具体要求,还属薄壁零件。所以,这些框架类孔系的加工比较困难,完善这类零件的加工工艺对精密加工尤其是精密镗孔工艺具有普遍意义。

1. 零件结构特点

图1为公司加工航天产品某型号产品中的引信框

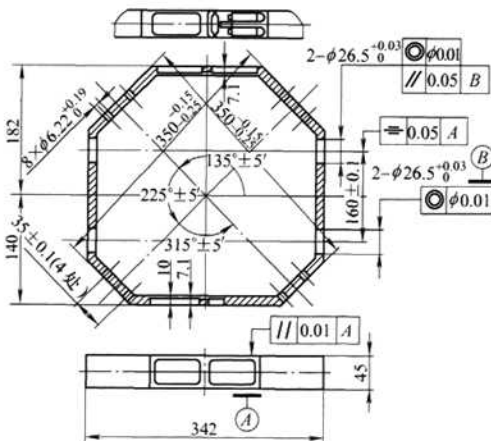


图1 框架

架,该零件的材料为 ZL101A 铸造铝合金,该零件的结构是个形状并不复杂的薄壁零件,同时从图1中可看出,零件属于精密薄壁结构件,且壁厚不均匀,刚性差,易变形,加工难度相当大。该零件的最大外形尺寸为 $385\text{mm} \times 322\text{mm} \times 45\text{mm}$,壁厚为 $3 \sim 10\text{mm}$,在框架的左右两边分别有2组 $\phi 26.5\text{mm}$ 的孔,上下两边分别有两组异型型腔,型腔去除后其壁厚仅有 2.9mm 。根据分析该类框架零件具有以下共同特点:

(1) 精度要求高 该框架类零件具有两组平行的孔系,孔系间有较高的同轴度和平行度要求,轴孔同轴度 $\phi 0.01\text{mm}$,两组轴孔公共轴线平行度为 0.05mm ,且孔径及孔间跨距大。

(2) 薄壁环件,刚性差 此类零件为框架式,孔系四周分布各种形状的减轻槽,结构刚度低,属薄壁零件。

(3) 结构复杂,非对称性 由于机械加工中产生的加工应力和结构不对称形成的结构应力,会使零件在存放和使用期内,随着应力的不断释放及重新分布,逐渐破坏了已获得的高精度。

(4) 铸件毛坯,加工余量大 由于该类零件在铸造时通常采用砂型铸造,为了确保铸件质量及加工余量的控制,一般在铸造时零件的毛坯余量比较大,加工余量大。

2. 零件工艺性分析

根据以上铸铝框架类零件的结构特点,零件的加工难度大,稳定性差,制造过程中主要存在薄弱环节是:

(1) 此框架类零件孔系中孔径及孔的跨距较大,且为薄壁件,结构刚性差,加工过程中对装夹力、切削力、切削温度、振动敏感,造成零件极易变形,存在较大的加工应力,且存在应力积累不均现象,各项精度不易保证。

(2) 此框架类零件是铸件,加工量大,去除余量不均匀,产生了不平衡的加工应力和结构应力,同时,由于铸造应力的存在,材料组织的不稳定性,都对零件的后续加工精度、尺寸稳定性产生不利影响。

(3) 热处理规范不完善,应力释放不充分,也是影响尺寸稳定性的一个重要因素。目前,公司的热处理没有统一的工艺规范,加热温度、升降温速度以及冷却方式等参数的不同,效果不一。而该方法最多只能降低零件内部残余应力的40%~50%。

综上所述,从毛坯的铸造至加工过程中装夹定位方式、刀具参数、切削参数的选择,工序间热处理规范的合理安排等各个环节都予以严格控制,从而达到加工时残余应力小,消除残余应力措施有效,提高零件稳定性的目的。

3. 工艺过程设计

(1) 工艺流程图 根据逐步精化原理,兼顾考虑工序集中的优点,总结各批次生产中的经验和加工方法,我们将铸铝框架类零件的工艺流程划分为:毛坯铸造→钳→立铣→卧铣→热处理(消除应力)→半精铣→卧铣→稳定处理(高低温循环)→精铣→钳。

(2) A基准平面的加工与质量控制 框架的A基准平面是加工的一个重要协调平面。A基准平面的加工质量直接影响各尺寸及形位公差加工质量。加工中采取粗铣、半精铣和精铣及钳工研刮等4个加工阶段。粗、半精与精铣均以高精度平台定位及检测,采用超硬高速钢刀具加工A平面,工艺留量0.15~0.25mm,平面度控制在0.05~0.07mm内。然后,钳工在高精度平板上进行反复研磨,进行反复刮削,并根据三坐标测量仪的检测数据进行精刮,达到平面度0.005mm的要求。

(3) 孔位加工与质量控制 框架的 $\phi 26.5^{+0.03}_{-0}$ mm孔的加工是关键部位尺寸,加工精度将直接影响引信机构的装配质量。其工艺过程为,首先加工固定在工作台上的铝合金定位块表面,使定位块表面与机床工作台平面一致,作为框架底平面安装定位基准,后找正A基准对称平面平行工作台,精度为0.003~0.005mm。采用瑞士丹得瑞公司的高精度、高强度专用微调镗床进行镗孔加工。

4. 零件精密加工要求及应力控制

(1) 粗加工和半精加工 由于零件粗加工和半精加

工中切削余量大,是产生应力变形的主要因素。应力的存在对零件的加工精度和尺寸稳定性影响很大,因而,在零件加工初期应严格控制加工应力,避免对后续加工的不利影响。

为消除零件粗加工中铣内腔、外形、镗四孔及异形型腔产生的较大应力,稳定几何尺寸,对零件进行人工时效处理,通过控制热处理工艺参数,使零件应力得以释放、消除。根据相关资料表明,零件热处理后变形恢复,有利于后续加工。

半精加工时,加工部位多,尤其内、外边框、异形型腔面及各种孔,且结构不对称加工后易形成较大的结构应力和加工应力。这些加工面半精加工分两道工序进行:先铣出轮廓,关键部位如尺寸350mm两外端面留量0.3mm左右,稳定处理,消除和均化残余应力;然后再半精铣出形状,精度高的加工面如基准面A及对称面、 $\phi 26.5^{+0.03}_{-0}$ mm的孔,在精加工时留量0.2mm左右。这样可以通过稳定处理和去除余量的方法进一步减小零件内部残余应力。

由于加工量大,加工部位情况比较复杂,在加工时必须有效控制切削工艺参数。影响表面残余应力的工艺因素主要有:①切削速度增加时,切削温度随之增加,热应力占主导地位,表面层产生残余拉应力,随着切削速度的提高而增大。②切削力随着切削速度的增加而减小,零件塑性变形区域随之减小,残余应力层的深度减小。③进给量增加时,切削力及塑性变形区域随之增大,且热应力引起的残余拉应力占优势,应力的大小及应力层深度都随之增加。因此选择工艺参数为:切削速度在100~150mm/min(铣削)、50~70mm/min(镗削)之间(随所用刀具半径增大而减小);进给量0.02~0.1mm/r,由粗到精逐渐减小;背吃刀量由大到小,半精加工一次背吃刀量不得大于0.3mm;切削过程中切削液要充分。

(2) 精加工 零件四孔的位置精度主要由精加工镗削保证。精加工留量很小,选用的刀具都很锋利,所以加工过程中切削力不会很大。而为了防止零件在切削力的作用下产生微位移,夹紧力往往要稍大一些,这时造成零件微变形的主要因素是装夹应力,而非切削应力。因而,除严格控制加工参数外,零件的定位装夹至关重要。合理的加工基准和装夹方法,不但可减小装夹后的

变形,还可减少加工中的变形,保证加工精度,降低对零件最终精度不利的影响。

精加工中定位装夹如图2所示,这种方式可最大限度地减少零件的装夹变形。装夹沿用半精加工时的定位面,以保证基准一致。注意控制以下三点:①定位面的研磨。定位基准面的平面度须控制在0.005mm内。如果平面度不好,势必造成零件的微量变形,在轴孔大跨度的情况下,定位基准或零件本身的微小变形会被放大,以致使加工精度超出图样高形位精度的要求。②夹紧点的选择与半精加工一致,压在零件不易变形同时又不影响刀具移动的地方。③防止零件振动,精加工时零件已经具备非对称、薄壁、刚度低等特性,加工时容易引起零件自身的振动,造成表面粗糙度值高,形位精度差。装夹过程中须采取防振措施。

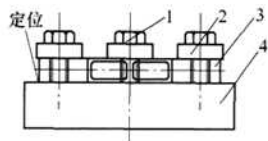


图2 装夹定位

1. 压紧螺栓 2. 防振元件 3. 零件 4. 基准板(工作台)

(3) 稳定化处理规范 为保证合金的相与组织状态的稳定性,提高微塑性变形抗力,稳定尺寸精度,同时,消除和均化残余应力,减少变形,我们对零件进行了高、低温稳定处理工艺研究。目前,公司正在广泛采用工艺流程:高温保温→低温,保温(高低温循环3次)→高温,保温→空冷(见图3)。其中高低温温度、保温时间以及温度间转换速度的选择都会影响到消除和均化残余应力的效果。工艺参数合理的高低温循环稳定处理可以消除一定量的残余应力,但是其每次消除残余应力的能力是有限的(最高约为40%~50%),所以必须在加工过程中合理安排其顺序,并配合工序间留量逐步消除零件内部由加工产生的应力,以达到稳定精度的目的。

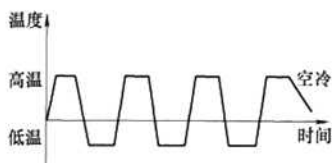


图3 稳定化处理温度时间曲线

ZL104 铸铝稳定处理上限温度为150℃时应力降低小于20%,而170℃时应力降低可达40%以上。当循环次数由三次增加到六次时,应力降低的百分率没有明显变化,应力趋于稳定状态。同时,下降温度-30~-40℃时降低应力的效果略大,可达10%。经过多次工艺试验温度控制在160~-35℃作高低温循环处理的零件效果比较理想。通过分析比较,确定了ZL104 铸铝尺寸稳定性的优化工艺,即高温160℃4h,低温-35℃2h循环三次处理,其降低应力幅度大,组织结构稳定,微塑性变形抗力大,尺寸稳定性高,同时能满足力学性能要求。

5. 结语

通过生产实践证明,铸铝框架类零件的加工采用的方案、工艺路线、工艺措施和稳定化处理的方法及各项工艺参数的选择都比较合理,保证了框架关键零件的加工精度和质量。MW (收稿日期:20101010)

《金属加工(热加工)》

2011年第2期要目

CO₂气体保护焊质量控制

和谐HXD₁C型机车焊缝超声波探伤一次合格率的提高
除尘除湿与冷凝热回收

锻焊结构齿轮的焊接制造技术

高速列车转向架焊接机器人离线编程系统的分析与开发
川气东送国产X70直缝埋弧焊管性能分析

超级双相不锈钢S32750焊接工艺的探讨

锅炉水冷壁管横向裂纹开裂原因分析

超超临界机组安装焊接(下)

铝镁合金熔极脉冲MIG焊接技术

长宽比较大的薄板切割变形控制方法

核电站中奥氏体不锈钢与碳钢异种钢焊接

热轧辊堆焊用药芯焊丝的研制及堆焊工艺研究

轮体弧形泵气检测工装制作

TOFD技术在工程建设中的应用

透平压缩机壳体(HT250)裂纹补焊工艺

脉冲技术焊接低碳钢中、厚钢板的工艺试验研究

回转窑轮带裂纹修复工艺方案分析

手工电弧焊单面焊双面成形技术培训的探讨