

机械加工零件变形问题探究

尚春祥 周一博

(陕西法士特齿轮有限责任公司 陕西西安 710077)

摘要: 加工零件种类较多, 材料、硬度、精度要求和整体结构均有差异, 特别是某些异型件, 特殊结构引起的变形问题尤为明显。本文结合较为典型的几种机加零件, 探究机械加工过程中(不含热处理)的变形问题及解决方法。

关键词: 机械加工; 异形件; 变形

前言:

随着新产品的种类逐渐增多, 涉及的工艺技术领域也越来越广。机械加工中, 各种的零件变形问题无时无刻不伴随在加工过程中。除了在机械加工中容易引起的工件变形, 在机械加工后也会因为各种无法预测的原因造成加工工件变形, 只有知道机械加工过程工件变形的原因, 才能更好的改善工件的质量, 并在机械加工过程中不断的进行经验总结, 提前做好工艺策划。

1. 产品结构特性带来的变形

1.1 零件介绍及变形特点

以某新型操纵装置壳体为例(见图1), 此零件整体结构较为复杂, 整体为细长、多面、空腔结构, 其中贯穿孔总长440mm, 要求同轴度0.04mm, 大小结合面孔位置度均要求0.2mm, 平面度要求0.05mm, 对加工精度的要求很高。

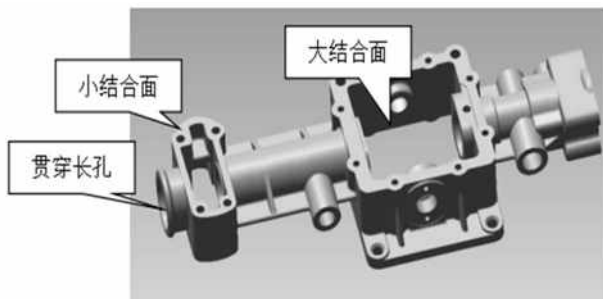


图1 产品外形特征

零件变形的大小和风险与形状复杂程度、长宽比、壁厚有直接关系。而本操纵装置壳体本身设计结构复杂, 异型、壁薄、空腔、孔系多、铝合金材质, 零件本身刚性不足。上述提到的各高精度尺寸均不易保证, 极易在加工过程中产生变形, 影响零件的平面度、同轴度和孔位置度^[1]。

1.2 工艺加工方案的确定

因受零件结构影响, 在装夹原理不便的基础上, 需要在夹具增加大量辅助装置防止变形。本零件工艺安排两道加工中心工序, 首工序为铣各结合面、钻铰端面孔。一序液压夹具(图2)使用双顶尖、V型块、压块均匀夹紧零件各部位, 其余有变形风险的部位均使用浮动支撑。第二工序为铣小结合面、钻镗长孔、钻孔攻丝。二序液压夹具(图3)采用下结合面和销孔定位, 悬空处均加以浮动支撑, 上结合面使用压块夹紧。

液压夹具夹紧力通过液压控制, 可保证各装夹点的夹紧力一致, 大大降低了零件的变形风险, 使用另种液压夹具加工出来的零件均能满足图纸的精度要求。

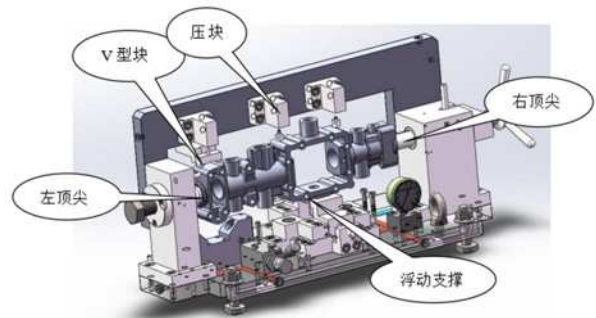


图2 一序液压夹具

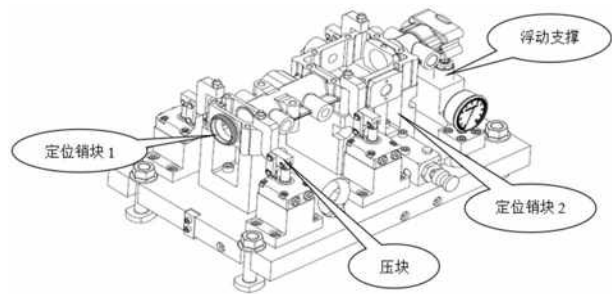


图3 二序液压夹具

2. 刀具引起的变形

2.1 零件介绍及变形特点

以某型薄板零件(图4)为例, 正面和反面均为结合面, 平面度均要求为0.05(300mm*300mm)。因零件背面结合面较小, 平面度容易保证。但正面结合面本身较大, 且由于背面结构不均匀, 若使用面铣刀加工时切削参数选用不合理, 会造成零件变形, 最终导致平面度超差。

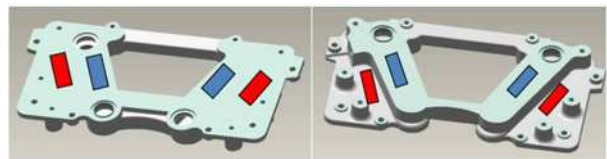


图4 零件结构图

2.2 工艺加工方案的确定

本零件最初试加工大结合面时, 未考虑刀具切削力对零件的影响, 由毛坯到成品一共采用粗铣(去除1mm), 精铣(去除0.5mm)两个工步。加工结束后实测平面度0.15mm以上。后经分析, 面铣刀加工过程吃刀量和竖直方向切削力有直接的关系。如图5所示, 加工大结合面时, 由于图4中蓝色区域结构紧密, 故加工时面铣刀施加的竖直切削力引起的变形几乎可忽略不计; 而红色区域由于背

面悬空, 即使底面增加浮动支撑, 仍然会在局部发生变形。



图5 零件加工示意

经过以上分析由于零件结合面的刚性不一致, 刀具在竖直方向的切削力不能太大, 故后期设置刀具切削参数时, 需采用低进给、高转速、低吃刀量。工步调整为粗铣(1.2mm), 精铣(0.3mm)。因调整后切削力降低, 零件的变形风险大大降低, 加工成品完全满足0.05mm的平面度^[2]。

3. 夹具引起的变形

3.1 零件介绍及变形特点

某型环类零件锥面角度公差为 $\pm 5'$, 圆度要求0.04mm, 因其相对于薄壁环类本身结构强度较好, 故不需使用磨工序, 改为车工序。车工序一般采用三爪定位加工(图6), 然而随着加工的进行, 发现圆度不易保证。经过分析, 三爪夹紧力与机床液压直接相关, 且现有三爪夹紧面积仅占零件外圆弧度的40%。在夹紧力过高和受力面太小的共同影响下, 零件在夹紧过程已经发生变形, 随着车削完毕, 三爪松开, 零件恢复至原来形状。此时再次测量圆度, 已经无法达到工艺的0.04mm要求。



图6 常规三爪装夹零件

3.2 工艺加工方案的确定

根据零件变形原因进行针对性工艺改进, 首先在能够夹紧零件的基础上, 调低机床压力; 其次重新设计为浮动三爪, 6点均布夹紧(图7, 红圈为夹紧点), 增加浮动效果, 增大零件的受力面积, 并在夹紧过程中受力均匀。经过现场实际加工验证, 大大降低变形量, 实测圆度值满足0.06mm的图纸要求^[3]。



图7 浮动三爪装夹零件

4. 零件加工应力变化引起的变形

4.1 零件介绍及变形特点

机加零件本身具有相对平衡的内应力状态, 而当毛坯加工去除材料或热处理后, 内应力会随之发生变化, 零件会通过自身变形重新达到整体内应力的平衡。以某型薄壁环类(图8)举例, 该零件本身为薄壁件, 平均厚度为4mm, 双锥面, 且锥面的垂直度、直线度、圆度、同轴度、直径、角度精度要求极高。现场加工锥面时, 一般采用先车后磨的工艺方案, 在刀具切削参数、夹具设计合理的情况下, 加工完毕后测量合格, 但零件放置3-5小时, 再次测量尺寸出现超差现象, 此即为零件经过渗碳淬火并去除材料后应力重新分布引起的变形问题。

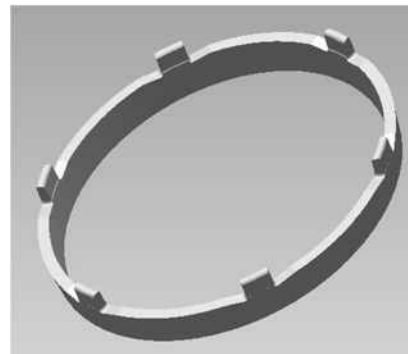


图8

4.2 工艺加工方案的确定

通过总结此类零件的加工经验, 我们将工艺方案调整为粗车——热处理(渗碳淬火)——粗磨内外锥——人工时效——精磨内外锥。

鉴于磨工序后仍然会发生内应力变形, 所以可以先将零件进行粗磨留量, 再进行人工稳定化时效处理, 彻底去除残余应力后, 零件能最终达到应力平衡, 不再出现明显变形。此时再对中间环内外锥进行精磨, 测量尺寸符合图纸要求; 放置3-5小时, 也符合图纸要求; 长期储存后测量仍无明显变化^[4]。

5 结论

上述内容分析了几种零件机加过程变形的影响因素, 然而零件的机加变形因素永远不会以某个单一形式出现, 结构刚性、夹具、刀具、应力变化有可能会在零件上共同影响导致变形和尺寸超差。所以在每种零件的试制阶段, 工艺人员均要全面分析其自身结构, 合理设计刀具和夹具, 对不可避免的变形问题及时控制。现场机加操作工均需和工艺人员沟通, 及时反馈零件的尺寸精度状态, 以此生产出高品质的机加成品, 同时也提高了产品的使用寿命, 降低了车间的废品率, 降低了劳动强度, 大大降低了生产成本^[5]。

参考文献:

- [1] 试论机械加工工艺对零件加工精度的影响[J]. 陈爱群. 内燃机与配件, 2021(03)
- [2] 机械零件加工中的变形与对策研究[J]. 张寒隼, 李学成. 设备监理, 2019(09)
- [3] 冲压模具在机械零件加工中的应用[J]. 魏圣坤. 湖北农机化, 2020(18)
- [4] 浅谈关于机械零件加工的方法分析[J]. 武卫. 南方农机, 2018(23)
- [5] 机械零件加工存在的问题及对策探究[J]. 谢忠斌. 南方农机, 2019(10)