

重切削下异形毛坯件随孔径浮动精确定位技术

金鑫, 金润一

航宇救生装备有限公司 湖北襄阳 441003

摘要: 针对下支座异形模锻毛坯的零件结构和加工难点, 深入分析内孔定位基准中存在的配合间隙偏差问题, 从夹具、刀具和切削方式等方面进行改善。通过改进数控铣工艺夹持方法, 制作可随孔径上下浮动的定位结构, 实现精确定位技术。

关键词: 模锻毛坯件; 径向膨胀方式; 浮动定位; 压力弹簧

1 序言

弹射筒下支座是我公司弹射救生座椅产品的重要部件, 是近年来救生座椅多种改进型号的动力机构主体件、通用件, 起到与机舱主体刚性连接和快速脱离的作用, 投产批量不断增多。

弹射筒下支座材质为30CrMnSiA钢, 模锻毛坯件具有黏度较高的模锻特性, 热处理后抗拉强度

$\sigma_b = (1175 \pm 100)$ MPa, 硬度高。

2 毛坯件加工工序原工艺状态

在生产工艺流程中, 毛坯件数控精铣工序为: 去除毛坯大余量, 保证总体结构强度, 形成外部必要型面。该型面对弹射救生座椅与基座紧固连接及快速脱离动作起重要作用。某型支座零件结构如图1所示。

该工序来料是毛坯余量大、覆盖极硬氧化皮的

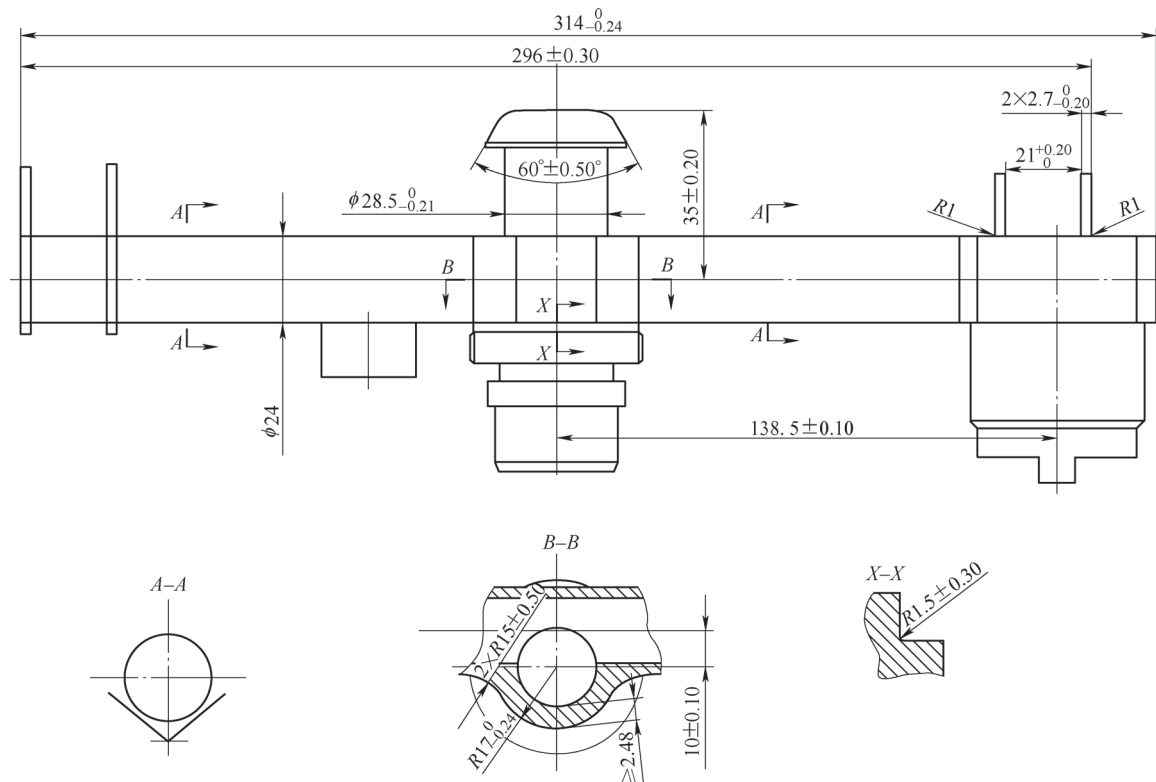


图1 某型支座零件结构

状态,如图2所示。考虑加工时间、毛坯余量、硬度和目标形状等要素,采用可转位硬质合金刀具、三面刃高钴钢铣刀等。

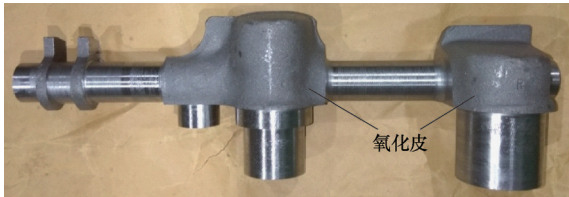


图2 数控精铣工序加工前的毛坯状态

工件的装夹如图3所示。依前工序完成的 $\phi 38^{+0.05}_0$ mm、 $\phi 27.5^{+0.33}_0$ mm孔为主定位,杆部 $\phi 24^{+0.12}_0$ mm为高度定位,压持 $\phi 24^{+0.12}_0$ mm外圆上部。

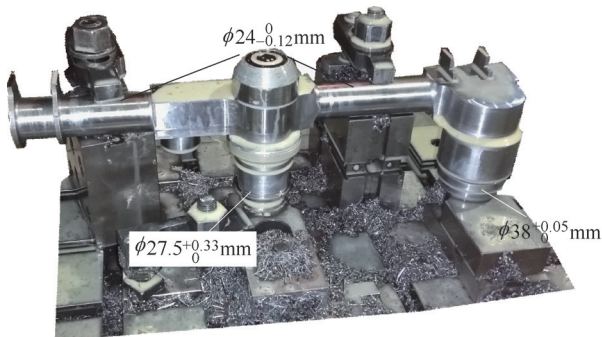


图3 工件的装夹状态

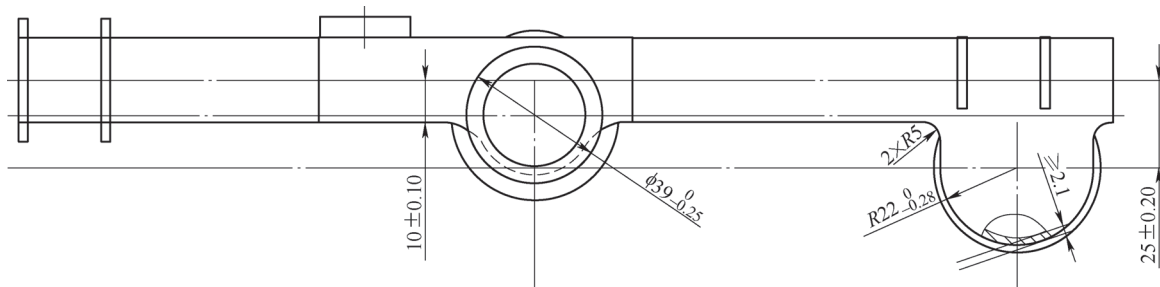


图4 加工超差状态

切削中零件的翻转偏移,经试验测量,偏移量有0.2~0.5mm。工件定位的自由度分析如图5所示。

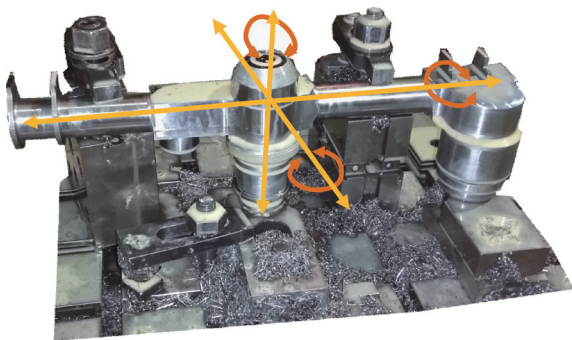


图5 工件定位的自由度分析

3 重切削下存在的问题分析

目前,避免刀具磨损过快采取的技术措施为:加大背吃刀量,确保较高的线速度。这种重切削状态保证切削刃切削区直接越过表面硬化层,既减少了刀具损耗,又提高了加工效率。

在批量生产过程中,发现存在零件尺寸超差现象,如图4所示。其中尺寸 (10 ± 0.10) mm超差明显,而且无确定规律,连续粗加工两件零件,中心距分别为9.85mm、9.55mm,初步判断是重切削力影响了零件安置状态。切削力大小与零件定位夹持稳定具有直接相关性:定位夹持越稳定,承载的切削力越大。为了缩短加工时间,提高材料去除率,降低刀具耗损,综合考虑材料和刀具条件,所用的切削三要素基本达到了工艺要求。

零件的定位夹持在加工过程中不能够较好地保持稳定的原因:①观察 $\phi 38^{+0.05}_0$ mm、 $\phi 27.5^{+0.33}_0$ mm主定位孔和 $\phi 24^{+0.12}_0$ mm高度定位杆部,其中 $\phi 27.5^{+0.33}_0$ mm孔的偏差较大,虽为卧式镗铣加工中心镗加工,但是仍有0.03~0.05mm的偏差,必然影响加工稳定性。②定位销与孔之间的配合间隙会造成在装夹或

4 技术方案论证

工艺确定的基准与加工型面具有直接相关性,为了利用此基准较好地保证设计性能,必须进一步改进装夹技术细节。

1) 若杆部 $\phi 24^{+0.12}_0$ mm以V形块定位,因定位点之间具有设计尺寸公差,所以为了避免过定位现象,调整每个零件的定位销与杆部距离,以便零件放入,但是又产生了随机性人工操作误差。

2) 在实际加工中,为了尽量减小定位间隙形成的偏差,对造成零件受力偏移的 $\phi 27.5^{+0.33}_0$ mm定位孔进行测量,并按孔径尺寸分类,配作了近20个定位

销。由于每年生产的产品有多个批次，各批次状态不一，所以易造成操作中测量、分析、筛选和准备工作费时费力，非常繁琐，然而还是有少量尺寸超差现象。

3) 利用设计结构型面作为工艺定位基准是通行的便捷方式， $\phi 38^{+0.05}_0$ mm、 $\phi 27.5^{+0.33}_0$ mm主定位孔的公差是由功能试验确定的，不可调整，因此必须以一种新型结构来提高配合精度和操作效率。这里可以采用高强度膨胀方式，有圆孔的零件可以直接用液压膨胀心轴胀紧夹持，一般要求孔的尺寸精度为H7。但因该孔精度不符合要求，所以不能采用这一方式。而弹性机械膨胀方式要求具有相对稳定的形状，型面精度0.01~1.0mm，为避免发生图6a所示情况，必须采取图6b所示高刚性紧密膨胀的微间隙配合方式。

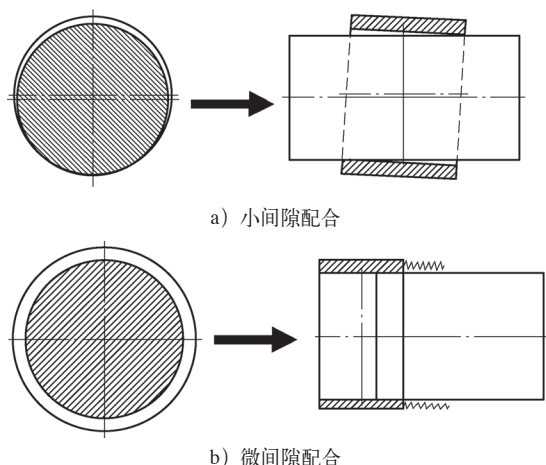


图6 工件的装夹间隙配合示意

4) 杆部 $\phi 24^{+0.12}_0$ mm定位了垂直高度和1个旋转自由度； $\phi 38^{+0.05}_0$ mm、 $\phi 27.5^{+0.33}_0$ mm主定位孔不仅可以定位水平面内两个直线自由度，还利用孔的较长轴线控制两个旋转自由度（见图5）。此“两孔一线”和常规的“一面两孔”截然不同，与车削以内孔定位、端面螺纹压紧形式属于同一类型。“两孔一线”与“一面两孔”的功能和作用对比见表1。

依据上述分析论证，确定以弹性机械膨胀方式形成技术解决方案。

5 技术方案的实施

技术方案的具体实施情况如下。

1) 观察理想装夹过程发现，零件必须自上而下进入夹具，即：第一步， $\phi 27.5$ mm定位销插入 $\phi 27.5^{+0.33}_0$ mm主定位孔；第二步， $\phi 38$ mm定位销插入 $\phi 38^{+0.05}_0$ mm辅定位孔；第三步，零件继续下行，杆部 $\phi 24^{+0.12}_0$ mm接触平面定位高度，压板压持两段 $\phi 24^{+0.12}_0$ mm杆部，装夹完毕。

2) 通过上述装夹推演过程，引发新思路，即充分利用装夹下行运动引导膨胀定位过程，达到配合紧实的稳定作用。随孔径上下浮动定位结构如图7所示，由径向膨胀结构、轴向作动结构和定位中心轴组成。作用过程为：零件下行套入 $\phi 27.5$ mm定位销，在继续下压过程中，轴向作动结构产生反作用力，向上推顶径向膨胀结构，下行运动越深，上顶力越大，与压力弹簧的线径、外径和有效圈数成正比。轴向作动结构的上顶力促使径向膨胀结构发

表1 “两孔一线”与“一面两孔”的功能和作用对比

类别	图示	定位要素的主与次	一面定位的自由度	两孔	
				定位轴线长度	定位的自由度
两孔一线		先孔后线	1个自由度：定位垂直方向的直线自由度	定位轴线长度达到20mm~全孔长度	5个自由度：主定位孔控制两个水平直线自由度、两个翻转自由度，以及辅孔控制一个水平旋转自由度
一面两孔		先面后孔	3个自由度：定位垂直方向的直线自由度，以及两个翻转自由度	定位轴线长度一般在6mm以内，较长时属于过定位	3个自由度：定位两个水平直线自由度和一个水平旋转自由度
					可承受力的情况
					高精度紧密配合与具有高强度结构材质定位轴时，可承受数控加工的重切削力
					能承受中小切削力

生膨胀，从而胀紧 $\phi 27.5^{+0.33}_0$ mm主定位孔，起主体定位作用。

3) 加工中， $\phi 40$ mm×10 mm T形刀的主切削力为873N，进给力为288N，径向力为305N。定

位主体材料及中心轴选用合金工具钢淬火材料制作，抗拉强度为1175MPa，与膨胀节的配合间隙为0.005mm，定位结构刚性高。选用的高刚性压力弹簧的总剪应力为2173.61N。



图7 随孔径上下浮动定位结构

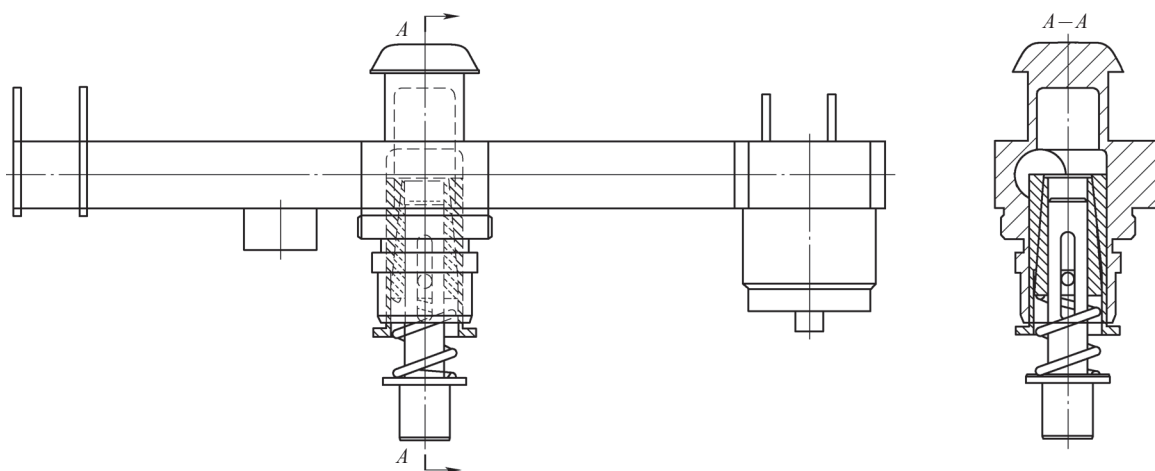


图8 随孔径上下浮动定位技术应用示意

6 结束语

由于模锻毛坯件热处理后抗拉强度 $\sigma_b = (1175 \pm 100)$ MPa, 黏度高, 硬度高, 形状奇特, 因此工艺要素中的刀具(切削三要素)、夹具(定位、夹持)、设备(刚性、响应速度)和人员(专业能力、应变能力)必须在客观条件下取得均衡, 综合运用, 从而达到最优性能。

通过现场操作和技术剖析, 获得以轴向直线运动驱使径向扩展膨胀的技术新类型, 膨胀节与中心轴材料必须选用耐磨损的高强度合金工具钢, 通过高精度配合提高结构刚性, 调节压力弹簧行程, 机械势能转化为弹性形变, 使之在运动中产生最大的

4) 膨胀节配合面与定位孔的长度之比为5:6, 在避让内部突出型面的情况下使 $\phi 27.5$ mm膨胀销长度达到最长, 从而在强力膨胀之后产生的结果是: 在稳固 $\phi 27.5^{+0.33}_0$ mm定位孔的同时, 与之相关的所有型面群组均达到垂直、平行或其应有的理论位置。

5) 夹具要调整膨胀节“压力弹簧的行程”, 达到压力最大, 在杆部 $\phi 24^{+0.12}_0$ mm未下降到定位平面高度时可继续下降, 不断下压的轴向弹性势能进一步加强了径向膨胀力度和趋势, 稳固了 $\phi 38^{+0.05}_0$ mm、 $\phi 27.5^{+0.33}_0$ mm孔的定位受力性能, 以满足零件 (10 ± 0.10) mm精度要求。

6) 通过调整夹具主体, 安装弹性机械膨胀定位结构, 找正整体装夹状态。随孔径上下浮动定位技术应用如图8所示。试切过程稳定, 质量指标良好, 达到了预期目标。现已进行了20多个批次的生产, 质量稳定。

反作用力, 进而转化为强大的膨胀刚性。

压力弹簧线材如不锈钢丝的刚性模数 $G=7300$, 弹簧使用寿命为600h/根, 即连续生产600h更换一次弹簧。这里必须强调, 选配压力弹簧时, 必须对机械加工的切削负荷进行科学计算, 确保其膨胀刚性和耐用性。

参考文献:

- [1] 陈宏钧. 实用机械加工工艺手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [2] 余光国, 马俊. 机床夹具设计 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2005.