防止铝件加工变形的工艺方法

河北太行机械工业有限公司　（石家庄　052165）　高民栋

铝及铝合金件由于其质量轻、易成形、强度高等特点，在机械行业及一些有重量要求、形状较为复杂的大型构件中应用较多，特别是航空航天领域应用最为广泛。我公司在和某研究所合作时遇到了大量铝材零件的加工，其材质为ZL424和2A12（LY12）。某些零件在设计结构上就存在腔多、肋薄壁薄的特点，在机械加工中易引起变形，而且这些零件的位置精度要求很高，给加工工艺带来许多难题。我公司在实际加工过程中经过多次探索，逐步改进完善工艺加工方案，使加工质量得到了有效的控制和提高。下面仅举一个典型的实例加以说明工艺实现过程，零件如图1所示。

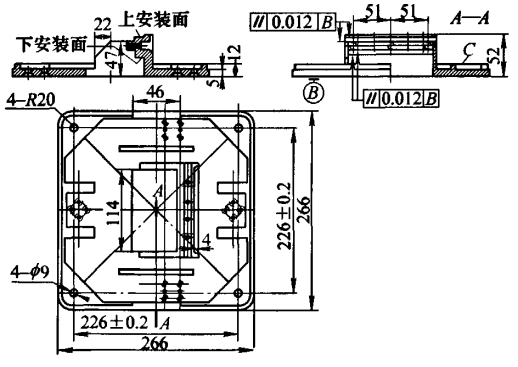


图　1

1. 工艺特点分析

该零件材料为ZL424，为达到零件尺寸要求，在精加工前对零件进行冷热循环处理，该特殊工序由用户自己来完成。从图1中可以看出该零件壁薄肋薄且型腔面积大，加工的尺寸精度要求并不是很高；但两安装面与基准面的位置公差要求非常高，两安装平面与基准面的平行度为0.012mm，两安装面间的平行度为0.012mm。此外，铸件的加工余量大，特别是型腔部分加工余量达到4mm，壁薄肋薄在结构上容易产生变形，大的加工余量使加工过程中容易产生加工应力而引起变形，这两方面最为直接地影响尺寸精度和位置精度。在检测方面，使用方要求在测量平板上用百分表测量两安装面的平行度，测量基准为零件的基准面*B*面，测量时基准面用三点模拟的方法。因此，测量基准的平面度直接影响到加工结果和测量结果。

2. 最初加工工艺方案

由于零件加工内容较多，具体加工工序20余道，这里仅就加工工序的主要流程进行说明，其他具体加工细节不再赘述。加工工艺方案：铸造→粗加工（去除浇冒口、飞边毛刺，去除大的加工余量）→一次人工时效→半精加工*B*、*C*两基准面→半精加工型腔及上下安装面（留精加工余量，单边1mm）→二次人工时效→冷热循环处理（用户完成）→精加工*B*、*C*基准面→精加工型腔及上下安装面→检测位置公差→最终表面处理（阳极氧化）。

在工艺方案的实施过程中，主要问题出在基准面的加工以及半精加工和精加工过程。零件半精加工和精加工*B*、*C*基准面时采用通用平口虎钳装夹，半精加工、精加工型腔上安装面时以*B*面为基准用平压板压紧*C*面的四个角点加工成形，加工下安装面时以*C*面为基准压紧*B*面完成。问题表现在半精加工型腔和上安装面后*C*、*B*两工艺基准面变形较大，在测量平板上检测大平面*B*面的变形一般在0.25～0.5mm之间，精加工基准后平面度在0.1～0.2mm之间，以此工艺基准加工出的上下安装面的平行度也在0.1mm以上，远远达不到图样的要求。后来采用钳工精研*C*、*B*两基准面和精修两安装面的方法达到产品图样的平行度要求，但精研完的大平面在阳极氧化处理后颜色明显发暗，和其他未研磨的面色差太大，用户不认可。同时用钳工精修的方法不但效率低，而且对操作人员的技能要求也非常高，显然

这样的工艺思路是不可取的。

3. 零件产生变形的原因分析

由于零件材料为铸铝，加工时产生热量很小并且有充足的切削液冷却，所以首先排除热变形的影响。从加工过程分析，半精加工和精加工基准 *C*、*B* 两平面时均采用平口虎钳装夹，从零件的受力分析看（见图 2），夹紧力 *F* 施加于工件的侧面，在零件壁薄肋薄强度不足的情况下易产生变形，而此零件半精加工后型腔尺寸已达到最终要求，又加上本身的壁薄，所以易产生挠曲变形，这也是为什么用平口虎钳装夹薄板薄壁零件加工时不易保证平面度的主要原因。

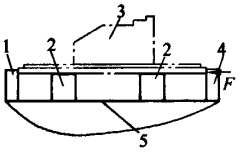


图 2

1. 固定钳口 2. 垫铁 3. 工件
4. 活动钳口 5. 台虎钳导轨平面

再分析半精加工和精加工的装夹方式（见图 3），尽管夹紧力的施力方向是垂直于工件底面，比平口虎钳装夹受力状态要好，但由于基准面 *C*、*B* 不平造成压紧区域零件受力不均而产生夹紧力变形。同时为克服加工过程中产生的平移或旋转，压板必须施以较大的夹紧力，而大的夹紧力限制了加工过程中切削应力的自由释放而产生加工应力变形。

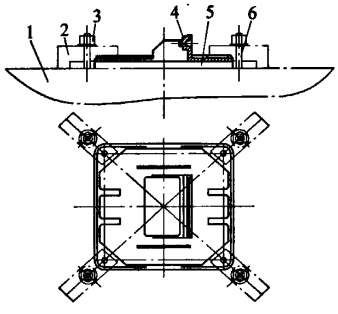


图 3

1. 机床工作台 2. 压板
3. 锁紧螺母 4. 工件
5. 垫铁 6. 螺栓

通过分析，笔者认为影响该零件变形的主要原因在于零件受力方向、夹紧力的大小和加工应力的大小。

4. 改进后零件的加工工艺方案

产品零件图上有四个 ϕ9mm 的通孔，笔者决定利用这四个通孔来解决装夹的问题。方法是在半精加工基准 *B* 面时做四个 ϕ6.7mm 的通孔，并做四个 M8 工艺螺纹与 *B* 面垂直，将四个 M8 工艺螺纹作为夹紧施力点进行所有面的半精加工和精加工。具体的加工工艺流程为：铸造→粗加工→一次人工时效处理→半精加工基准 *B* 面及下安装面（做工艺螺纹 M8）→半精加工 *C* 面基准及型腔和上部安装面（以 *B* 面为基准用四个工艺螺纹夹紧工件，如图 4 所示。以下各工序均用这四个工艺螺纹装夹）→二次人工时效处理→冷热循环处理→精加工 *C*、*B* 基准面→精加工上部安装面→精加工下部安装面→扩工艺螺纹孔为 ϕ9mm（不在使用工艺螺纹）→检测位置度公差→最终表面处理（阳极氧化）。

使用该工艺方案加工时应注意以下几点：

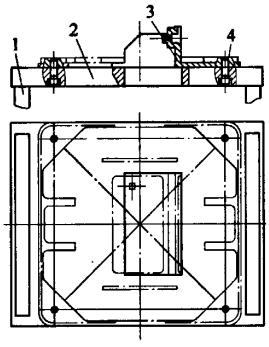


图 4

1. 支板 2. 夹具体
3. 工件 4. 锁紧螺钉

（1）半精加工时型腔尺寸全部加工到产品图样要求，不留精加工余量，外形尺寸留 0.5mm 加工余量（双边余量），在精加工上部安装面时一同加工完成。

（2）精加工 *C*、*B* 基准面时用立铣刀而不用端铣刀。实际中我们选用的是日本 OSG 公司生产的专门用于铣铝材的 ϕ20mm 立铣刀，在数控铣床上用环切的方法加工出大平面，目的是为了减少切削力。加工时分多次走刀，每次走刀深度不大于 0.15mm。

（3）半精加工时背吃刀量不宜过大，给精加工的余量控制在单边 0.5mm 内。

（4）使用精度较高的机床并保证切削液充分冷却，零件不产生热变形。

改进工艺方案后效果显示：精加工 *C*、*B* 两基准面后，两平面的平面度、平行度控制在 0.03mm 以内；有效克服了夹紧力变形及加工应力变形的影响，检测两安装面的平行度均在 0.012mm 内。利用该方法我们完成了另一种直径为 580mm、厚度为 8mm 盘状零件的加工，取得了良好的效果。

5. 结语

该加工工艺方案有效地克服了夹紧变形，装夹方式有一定的推广意义，最适合于多层小切深快速走刀加工。**MW**

（收稿日期：20090211）