

低熔点合金在薄壁零件加工中的应用

西安航空动力控制公司 (陕西 710077) 赵兴龙 李 春 廖晓文 徐 敏

1. 零件分析

所要加工的活门壳体零件如图1所示,材料1Cr17Ni2,零件最大尺寸 $\phi 41.5\text{mm} \times 103\text{mm}$ 、硬度28~35HRC;批量100件/月;要求零件加工后表面粗糙度值 $R_a = 1.6\mu\text{m}$,小孔孔壁表面粗糙度 $R_a = 3.2\mu\text{m}$,零件壁厚1.6mm,属于典型的薄壁类零件。

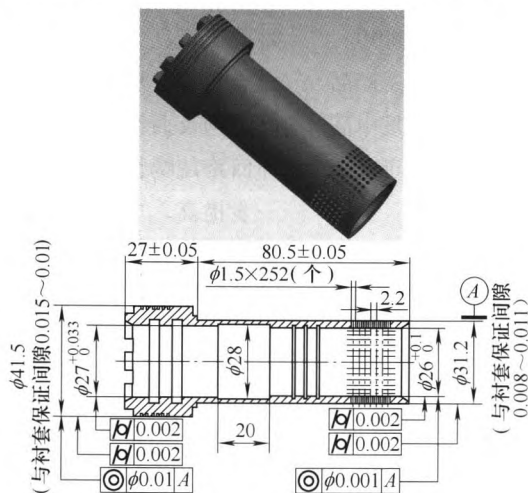


图1 工件

图1所示的零件,钻削 $\phi 1.5\text{mm} \times 252$ 个小孔不产生变形并去除孔口毛刺,是零件加工的难点之一。曾使用振动光饰机,通过零件与磨料发生摩擦来去除毛刺,经过多次试验,均未达到产品的质量要求;也曾使用人工刮削的方法去除毛刺,但由于人为因素影响较大,零件变形也无法避免,效果不理想。而采用低熔点合金(或其他低熔点非金属材料混合物),类似铸造原理,在零件空腔内加注熔化的合金,使零件成为实心刚性体,零件的装夹定位及加工就会变得很容易。由于零件刚性提高,又有合理的装夹定位基准面,零件的变形就得到了控制,并且零件与低熔点合金在加工时,不存在间隙。低熔点合金在加热熔化后,灌注到零件内腔中,低熔

点合金冷却凝固后,进行钻孔加工,孔口的进出口处只会产生锐边而不会产生毛刺,后续通过光饰加工就可以保证产品的质量,大大提高零件的加工精度。加工完毕,加热使低熔点合金熔化,由于温度低,不会影响零件的材料状态,也不会引起零件的变形,零件不损伤,得到高精度的复杂薄壁零件。

2. 工艺研究

钻削加工是利用刀具旋转进行切削加工,在钻头进入和脱离工件的时候都伴随着刀刃不断的进出变化。在通孔钻削时,由于工件底部支撑强度的减少,底部材料发生强烈的塑性变形,随着钻头的进给,部分材料被顶出,而不是随着钻头的螺旋槽排出,部分切屑残留在工件上,最终形成了钻削切出毛刺。在活门壳体零件的钻孔加工中,先将零件内、外形车削加工完毕,将已选定的按成分配制好的低熔点合金加热至熔融态,灌注到壳体内腔中,待低熔点合金冷却凝固后,再进行进行零件的钻削加工,加工完毕后熔去低熔点合金,小孔出口处不会再产生残留毛刺,直接进行光饰加工,就可以尺寸和形位精度的检测,并且低熔点合金回收后可循环使用。活门壳体加工工艺流程如图2所示。

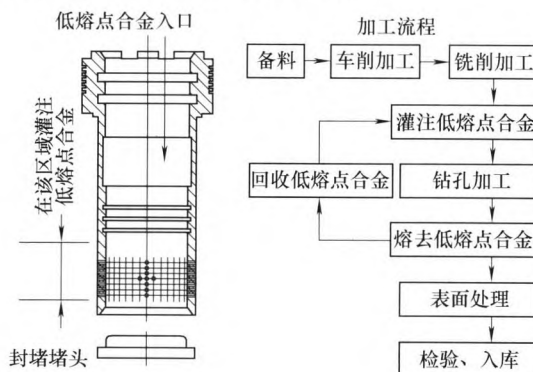


图2 活门壳体加工工艺流程

在小孔钻削前，用专用堵头将零件下端封堵住，将固体的低熔点合金放入铁盒或坩埚中，再慢慢将其融化，然后顺着零件的上端面入口将液化的低熔点合金注入到钻孔区域，待低熔点合金冷却固化后，然后进行钻小孔操作，小孔加工完毕，将零件放入装中开水的水盆中，取除堵头，将低熔点合金倒出，完成一个零件从灌注到小孔加工的全过程。整批零件加工完成后，对低熔点合金回收，以便下回使用。

3. 低熔点合金的特性与配制

在零件的机械加工过程中，采用水基乳化液进行冷却，使得零件加工部位得到了充分的冷却，但由于是多孔加工，热量不容易及时散发出来。通过测量可知，钻孔加工后产生的温度可以控制在 60℃ 以下，为了保证低熔点合金在工件加工过程中不熔化，要求所选择的低熔点合金不低于 60℃；在零件加工完毕后，去除辅助灌注的低熔点合金时，为了不改变零件材料的性能状态，所选用的低熔点合金的熔点要低于零件本身材料的退火温度，所以选择的低熔点合金的熔点要远低于 300℃；考虑到加热设备与操作方便，认为文中所示零件加工时灌注的低熔点合金的熔点应选择 70 ~ 120℃ 比较理想。

(1) 低熔点合金的特性 熔点低于 232℃（锡的熔点）的合金，又称低熔点合金，低熔点合金熔点有 47℃、64℃、70℃、92℃、102℃、120℃、138℃、144℃、180℃ 等多种选择。低熔点合金主要是由低熔点金属铋（Bi）、铅（Pb）、锡（Sn）、铟（In）、镉（Cd）以及锌（Zn）等元素构成的二元系或多元系合金。铅的熔点为 327℃，铋的熔点为 271℃，锡的熔点为 232℃，锌的熔点为 419℃，镉的熔点为 321℃，铟的熔点为 156℃。其中以铋（Bi）金属元素为主要金属组成的低熔点合金具有热缩冷胀的特性；以铟（In）金属元素为主要金属组成的低熔点合金具有热胀冷缩性质；而以铋（Bi）、铅（Pb）、锡（Sn）、镉（Cd）按不同重量比组合而成的低熔点合金，加热熔化后具有良好的流动性，并且熔点可通过重量比的不同在 50 ~ 100℃ 中选择，可采用水浴法或者油浴法将其熔化，在室温条件下强度为 30MPa，延伸率 3%，硬度为 25HBS。

(2) 低熔点合金的配制 根据文中零件材料及加热设备与操作方法的简便，选择以铋（Bi）、铅

（Pb）、锡（Sn）、镉（Cd）按不同重量比组合而成的低熔点合金，并要求熔点在 70℃ 以上，加工完毕后采用水浴法熔化，因而要求熔点在 96℃ 以下，在此温度低熔点合金的配制经过试验可得到如附表所示的配方。

70 ~ 96℃ 低熔点合金的配方表

序号	化学成分（质量分数）（%）				凝固温度（℃）	
	铋（Bi）	锡（Sn）	铅（Pb）	镉（Cd）	开始	终结
1	无	18.75	31.25	余量	95.8	95.8
2	8.15	无	40.2	余量	91.5	91.5
3	9.50	20.1	35.5	余量	95.0	80.0
4	10.1	13.13	27.27	余量	71.0	71.0

在低熔点合金的配制过程中，应严格按附表执行，在铁盒或坩埚中熔化原料，先放入熔点较高的金属，待熔化后再依金属的熔点由高到低依次加入，铁盒或坩埚不得有油污和锈蚀，原料熔化时用铁棒不断搅拌，将金属氧化物、杂质清理干净；也可将配制好的低熔点合金按图 2 直接放入到零件中，加热至熔点温度，但应控制温度，避免过热。在低熔点合金的使用和回收过程中，应避免污染，及时清理合金液中的金属屑，一般随着灌注次数的增加，低熔点合金循环使用超过 3 次以后，低熔点合金中一些合金成分就会发生损耗，造成合金成分组成发生改变，而引起低熔点合金熔点变化。因此需要定期对低熔点合金成分及熔点进行检测，对一些结构复杂的零件，低熔点合金只允许一次性使用。

4. 结语

通过上述切削试验结果及分析，得到如下结论：

(1) 利用铋（Bi）、铅（Pb）、锡（sn）、镉（cd）等熔点较低的金属元素，可以配制出多种熔点的合金。改变低熔点合金的各成分的配比，既可以改变合金的熔点。

(2) 用低熔点合金作为灌注填充料，提高了薄壁活门壳体的刚性，方便容易地去除了零件钻孔后产生的毛刺，低熔点合金常温性能稳定，可以很好地控制尺寸变化，有效解决壳体薄壁易变形问题。

(3) 对于薄壁精密复杂件的加工，采用低熔点合金作填充物，可以很好的控制加工变形，提高零件的工艺性。MW （收稿日期：20130727）