

异形零件加工工艺及变形控制方案

中国铁道科学研究院机车车辆研究所 (北京 100081) 王立超 张 磊 张海军 王 欣 陈 剑

机械设计与制造中具有特殊用途的异形零件越来越多, 这些零件结构刚性差, 形状不规则。因此在加工过程中, 与外形规则的零件加工之间有很大区别。首先, 异形件很难用常用的工装进行装夹, 必须设计专用的工装夹具。其次, 异形件在加工过程中, 容易发生变形。因此, 必须要根据具体零件的尺寸、热处理等技术要求的不同, 来采取相应、有效的工艺路线及变形控制方案, 以满足图样要求。

下面以一个异形件为例, 进行详细说明。主要对 16 mm × 110 mm 深长槽加工过程变形工艺控制方案进行论述。零件如图 1 所示。

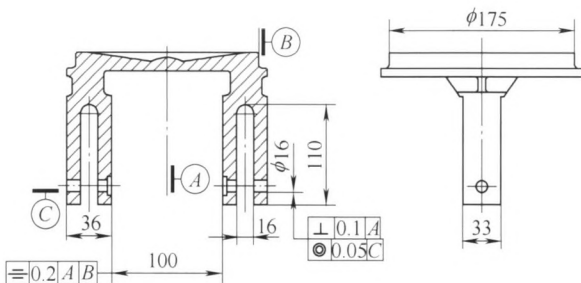


图 1

1. 零件加工难点分析

该零件毛坯为铸钢件, 从产品零件图分析, 加工过程存在以下几个难点:

(1) 零件加工时, 尺寸为 36 mm × 33 mm 的两长方形支脚的所有面都需要加工, 两支脚刚性较差, 装夹困难, 必须有专用工装来完成。

(2) 图样中两处形位公差要求较高, 尺寸为 16 mm × 110 mm × 33 mm 的长槽加工时, 变形控制是该件能否顺利进行的关键点。长槽的变形量对 $\phi 16$ mm 孔的同轴度、公共轴线对槽中心的垂直度及两只脚的对称度产生极为重要的影响, 变形超差会

直接造成产品报废。

2. 加工工艺方案的初步确定

根据上述零件加工难点的分析, 初步确定零件的机加工艺方案为: 车 $\phi 175$ mm 外圆及端面作为加工基准 → 粗加工两支脚 (去除大的加工余量) → 半精加工两支脚 → 精加工两支脚 → 定总长 → 线切割长槽封口处。

加工基准是为了粗、精加工两支脚时便于装夹定位, 为保证装夹可靠稳定, 同时又防止夹紧力对零件加工变形产生较大的影响, 夹具设计时采用从两支脚上端垂直压紧的方式。粗加工、半精加工及精加工两支脚加工的内容虽然不同, 但定位基准一致均采用 $\phi 175$ mm 外圆及其端面定位 (外圆和端留有适当的精加工余量), 所以采用一套夹具来完成两支脚所有面的加工 (压紧面除外), 专用夹具如图 2 所示。

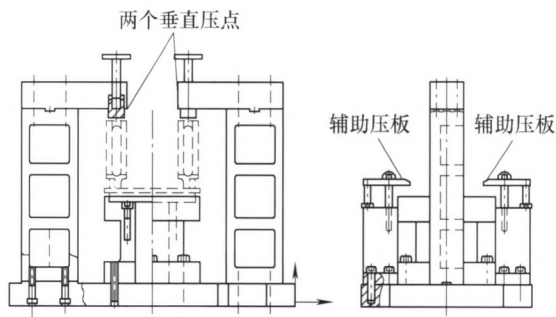


图 2

为解决 16 mm 长槽加工变形的问题, 所有粗、半精加工、精加工工序 16 mm 长槽均不开通, 并留有后道工序所需余量。工艺如此安排是为了解决 16 mm 长槽加工的刚性问题, 显然封闭槽的刚性要远大于开口槽。另外, 考虑到只有在 16 mm 长槽封闭的状态下, 加工 2 个 $\phi 16$ mm 孔时, 才能有效保证其

同轴度和垂直度的形位公差要求。如果在 16 mm 槽开口状态下加工 2 个 $\phi 16$ mm 孔, 加工过程中产生的垂直于长槽侧壁的切削力, 必然导致开口槽较大的变形, 从而使加工无法进行。而且 16 mm 长槽在封闭的状态下也利于工件的装夹, 可以施加比开口槽时较大的垂直压紧力, 而不会造成零件的夹紧变形, 精加工后零件的示意图如图 3 所示。

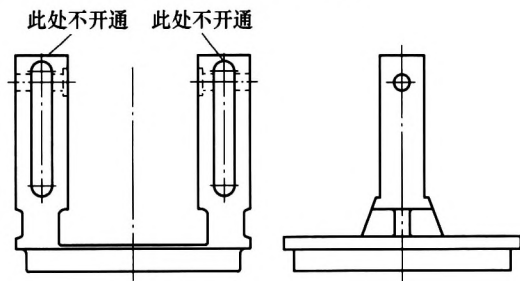


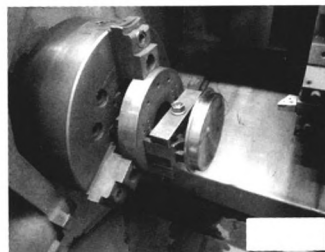
图 3

精加工两支脚并定长后,在数控车床上完成 $\phi 152$ mm 外圆、端面及 $SR24$ mm 球面的精车,精车夹具如图 4a 所示。最终在线切割机床上完成 16 mm 槽的开槽工。

选用电加工方式完成封闭开口加工而不用铣削加工的方式,首要目的还是要防止切削力对槽变形的影响。夹具实物照片如图4b所示。



(a)



(b)

图 4

3. 初次方案在实施过程中存在的问题

尽管加工方案中充分考虑到了零件刚性、装夹方式、切削力对加工的影响,但在实施过程中仍然存在以下2个问题:①虽然对零件加工安排时,粗

精分开, 但切削加工应力的影响仍然很大, 造成线切割开口后 16 mm 尺寸上部超差严重, 2 个 $\phi 16$ mm 孔的同轴度和垂直度达不到设计要求。②由于变形的存在线切割 16 mm 槽开口处时, 造成机加工成形尺寸和线切割后尺寸不一致, 同时在槽壁处形成较大的切割痕, 不能满足产品的要求。

4. 工艺方案的改进

根据加工过程中的实际情况,为更好地控制切削加工应力,对粗加工两支脚后的零件增加一道人工时效热处理工序,以减少切削加工应力释放对16 mm槽变形的影响。此外,线切割工序改变走刀方式,首先以16 mm槽中间走刀将槽封闭处切开一条窄缝,进一步释放应力,然后再从槽壁一侧圆弧进刀,按产品成形尺寸16 mm将槽全部切开。该方案实施后彻底解决了16 mm长槽加工变形的技术难题,保证了该件批量生产的顺利进行。

最终工艺方案为：车加工基准→粗加工两支脚→去应力→半精加工两支脚→精加工两支脚→定长→精车外圆及 SR24 球面→线切割槽开口→球面淬火→表面处理。

5. 结语

(1) 长槽加工过程中以封闭的形式提高零件的刚性, 解决了切削抗力对长槽变形的问题, 同时封闭加工也利于施加较大的夹紧力。

(2) 中间增加去应力工序,是为更好地解决切削加工应力释放对 16 mm 槽变形的影响。

(3) 选用线切割方案最终开口, 以及线切割走刀方式的改进均是为达到减少切削变形的目的。

(4) 粗、精加工工序分开是减少变形和切削应力的有效措施之一。MW

(收稿日期: 20131225)

公 告

《金属加工（冷加工）》2014年第9期上发表的文章《汽车铝板覆盖件冲压模具结构研究》作者为叶燕、王勇、郭强、李跃民，本项研究工作得到了上海市科学技术委员会的资助，资助课题编号为12QB1403500。