

# 粗弯管加工工艺分析及批量生产验证

新兴重工湖北3611机械有限公司 (襄阳 441002) 朱美芹 郭孝众 艾 国 姚桂彬

图1所示的弯管为我公司批量生产的进气管类产品,它只有一个气道,由于其在整机中装配的需要,不仅需要加工两端的大基准孔1和外圆轮廓3,还需要加工旁边伸出的侧翼2上的平面及孔。以前我公司

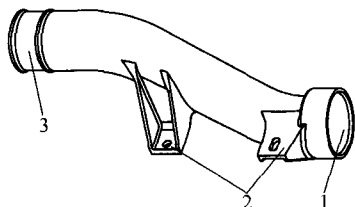


图1 弯管

1.大基准孔 2.侧翼 3.外圆轮廓

产品一般都有多个气道(见图2),并在气道的末端形成带孔系的基面,基面及其上孔系加工后,可以采用一面两销定位加工其余部位,最终完成整个产品的加工。虽然图1弯管的尺寸精度要求中等,但在结构上完全不同于图2进气管。正是由于弯管结构、工艺上的特殊性,使以前的供应商最终放弃了此产品的加工,使我公司有机会获得此弯管生产权。要想成功开发该产品,加工出尺寸完全合格的产品,图1弯管的加工就不能借鉴图2进气管的成功经验,必须另辟蹊径。

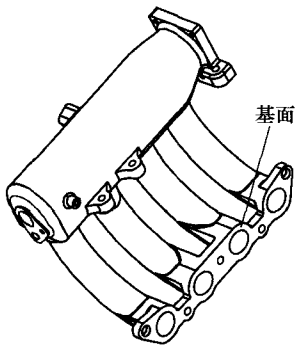


图2 进气管

## 一、工艺方案制定

### 1. 基准及工艺路线的确定

图1弯管加工部位不多,可分为三大块,分别是大基准孔1、侧翼2和外圆轮廓3。经过多方分析

讨论,在充分考虑并利用弯管各个部位空间尺寸关联性的基础上,确定了适合弯管自身特点的稳定加工工艺方案,那就是:先加工出大基准孔1,然后用其定位加工出尾部的外圆轮廓3,最后利用大基准孔1及外圆轮廓3定位,加工出侧翼2上的平面及孔。

通过上面的工艺路线可以看出,三个部位加工的先后顺序是唯一的,即下道工序是利用上道工序或上两道工序为基准进行加工的。所以任何工艺顺序都不能调整,而且由于产品各个部位的空间尺寸通过各个工装夹具分别保证,并相互关联,有效保证了弯管的加工尺寸。

### 2. 大基准孔的加工

对于大孔径的加工,可以在镗床上镗出,也可以在加工中心上用大镗刀镗出,还可以放到数控车床上车出。如何加工才是最佳方案呢?以下是这三种加工方式优劣的比较:

(1) 镗床加工 优点是大基准孔可轻松镗出,大基准孔与毛坯外轮廓壁厚均匀,不存在单边现象;缺点是弯管要立放,对产品加工的第一个工序而言,定位点、夹紧点不方便布置与操作,管口端面不能在镗床上加工完成。

(2) 加工中心加工 优点是尺寸精度易于保证;缺点是要采用多把刀具才能完成管口端面、大基准孔、孔口倒角的加工。

(3) 数控车床加工 优点是大基准孔可轻松车出;大基准孔与毛坯外轮廓壁厚均匀,不存在单边现象;尺寸精度易于保证;定位点、夹紧点方便布置与操作;只需一把普通的内孔车刀即可完成管口端面、大基准孔、孔口倒角的加工。

因此,大基准孔加工的最佳方案是放在数控车

床上加工,并选用与其相匹配的内孔车刀。因为数控车床采用设定程序、回转加工的方式,可调性大,即很容易通过程序、刀具补偿值来调节各项参数,不仅能有效保证产品的精度、稳定性要求,而且由于工件始终处于车床的回转中心,利于保证工件单边壁厚的均匀性,使工件既符合图样要求又美观。

### 3. 外圆轮廓的加工

同样,由于尾部外圆轮廓的加工要走出一定的弧度,则将其放在数控车床上通过程序用一把普通尖刀使之加工成形是简单经济的不二之选。如果不在数控车床上采用车削加工,将需要一把与工件外形轮廓相同的专用刀具加工,不仅刀具难于制作、制作成本高,具体加工时也费时费力,且外形精度不易保证。而外圆轮廓放在数控车床上采用车削方式加工时,因只需一把普通尖刀,所以不仅刀具成本低,其轮廓外形可通过程序轻松控制,而且加工出的壁厚的均匀性很高。

综上,大基准孔、尾部的轮廓外圆均采用适合管类工件加工的车削工艺,不仅刀具简单,费用低,而且尺寸易于保证,不存在什么技术难题。

### 4. 侧翼的加工

侧翼的加工包括铣两个平面及在各个平面上加工螺栓过孔和走马孔,虽然简单,但若放在普通设备上加工,至少需要4台设备(3台铣床,1台钻床)。考虑到人工劳效的差异,最终选择在1台立式加工中心上完成侧翼的所有尺寸加工,仅需2min即可完成所有侧翼部位的加工,而且加工的一致性高。

综上,弯管的具体加工工艺方案是:先用普通内孔车刀在数控车床上车出大基准孔,再用普通尖刀在数控车床上车出尾部轮廓外圆,最后用常规刀具在立式数控加工中心上加工出两侧翼。

## 二、工装夹具结构分析

### 1. 车大基准孔夹具

弯管装夹到车大基准孔夹具上如图3所示。

(1) 定位点 本夹具为对产品加工时第一道工序所用夹具,所以均以毛坯定位,因其为粗长弯管,故所选定位点有三部分组成,分别是:由V形

定位块8构成端部管口外圆柱面的定位;由限位柱1限定工件圆周旋转方向的定位;由右定位钉4、下定位钉5组成对尾部管口的定位。通过对长弯管端部、尾部及圆周旋转方向的限位,把弯管7限定在正确的加工位置,以有效保证后续工序加工的一致性。

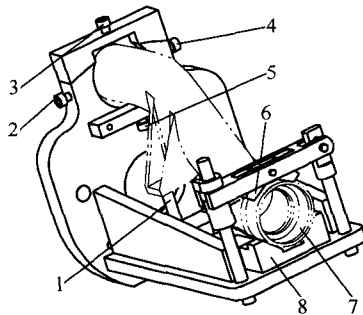


图3 车大基准孔夹具

- 1.限位柱 2.左拧紧钉 3.上拧紧钉 4.右定位钉 5.下定位钉  
6.小V形压块机构 7.弯管 8.V形定位块

(2) 定位点的调节 V形定位块8定位高度的调节:V形定位块8是用来定位大基准孔外圆柱面的,其定位高度处于车床的回转中心时,才能保证工件单边壁厚的均匀性。但若在制作过程中保证V形定位块8的定位高度,会加大制作难度,所以在具体试制过程中,采用在数控车床上直接用车刀将V形定位块8的定位高度车至合适尺寸的办法,简单有效地保证了V形定位块8的定位高度。

右定位钉4、下定位钉5定位长度的调节:右定位钉4、下定位钉5定位长度如何调节、调节到什么状态才是正确位置呢?唯一衡量的指标是:通过车大基准孔夹具车出的大基准孔不仅孔径符合图样要求,大基准孔所在的外圆柱面长度应该基本一致。调节时要充分考虑弯管各个部位空间尺寸的关联性,根据图样的要求,将尾部管口相对于大基准孔的位置尺寸通过右定位钉4、下定位钉5的定位长度给调试出来,即摆出工件符合图样空间尺寸的位置。这样,不仅为下面工序的加工提供了一个正确的基准,还可以通过工装夹具有效保证工件尺寸的正确性。

限位柱1对弯管圆周方向的调节:限位柱1对弯管圆周方向的调节直接影响侧翼的加工。限位柱1的高度将直接影响弯管圆周方向的旋转,使侧翼或者加工不到,或者多加工。可先通过图样

尺寸算出侧翼定位点相对于大基准孔的位置尺寸进行粗调, 然后再根据侧翼的加工情况或向上或向下调节限位柱1, 直至调出合适尺寸的定位高度。

(3) 夹紧点 夹紧点由两部分组成, 分别是由小V形压块结构6压紧端部管口外圆, 与V形定位块上下形成对压之势; 由左拧紧钉2、上拧紧钉3夹紧尾部管口外圆, 与右定位钉4、下定位钉左右、上下相呼应, 将尾部管口外圆夹紧。通过使粗弯管的端部和尾部分别被定位夹紧, 使弯管8牢牢被装夹在车大基准孔夹具上。

车大基准孔夹具是根据弯管加工的特定工序而设计的, 所以安装时只要将弯管靠牢夹具的定位元件, 并用夹紧机构将其夹紧, 就可迅速而可靠地保证工件在机床上相对于刀具占有的正确位置, 无需找正。

## 2. 车外圆轮廓夹具

弯管装夹到车外圆轮廓夹具上如图4所示。

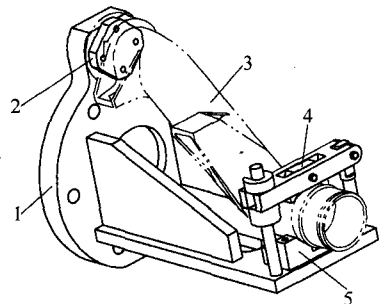


图4 车外圆轮廓夹具

- 1.过渡盘 2.大定位菱形销 3.弯管  
4.小V形压块机构 5.V形定位块

本夹具的装夹方式是: 将已加工过的大基准孔套在大定位菱形销2上, 尾部外圆柱面放在V形定位块5上, 然后将弯管3大基准孔端面与过渡盘1贴平, 最后用小V形压块机构4与V形定位块5对压, 将工件夹紧。

其中, 大定位菱形销2相对于V形定位块5的位置尺寸为尾部管口相对于大基准孔的位置尺寸, 这与车大基准孔夹具按空间关联尺寸摆出的正确位置相一致。

## 3. 加工中心侧翼夹具

弯管装夹到加工中心侧翼夹具上如图5所示。

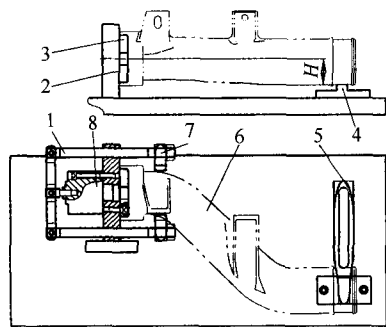


图5 加工中心侧翼夹具

- 1.联动夹紧机构 2.定位面 3.大定位菱形销  
4.定位块 5.大压板 6.弯管 7.小压板 (2个) 8.薄型气缸

本夹具的具体实施方式是: 将已加工过的大基准孔套在大定位菱形销3上, 尾部加工过的轮廓柱面放在定位块4上, 通过联动夹紧机构1将弯管6的外圆柱面端部压紧在定位面2上, 然后用大压板5将工件压紧在定位块4上, 最终完成工件的装夹。

其中 $H$ 表示大定位菱形销到定位块4上的距离, 此值为弯管6产品图中的二者的位置尺寸。通过加工中心侧翼夹具中 $H$ 值的保证, 加工出的弯管的尾部相对于大基准孔的尺寸得到了有效的保证。

通过以上工装夹具的设计及分析, 使弯管的空间位置尺寸都能通过工装夹具获得有效保证, 从而找到了适合弯管自身特点的稳定加工工艺路线, 为大批量生产提供了强有力的保证。

## 三、结语

通过该项目的现场试制与批量生产, 弯管的工艺验证获得了极大的成功, 不仅加工尺寸全部合格, 而且工艺稳定性非常高。可以看出, 在此弯管的工艺制定上, 我们利用车大基准孔夹具的最佳定位点及其与后续工序的关联性, 找到了符合此类弯管加工的独特工艺路线, 使整个产品的加工显得非常简单容易。另外, 弯管加工尺寸的稳定性通过采用工装夹具来保证, 使加工出的弯管的空间关联尺寸几乎不用检具检测, 只需看外观, 即可知道其是否合格, 大大节约了人工成本。

该项目突破了一面两销的传统加工工艺, 为弯管类零件的加工提供了一个新的工艺思路, 值得广泛推广和应用。MW

(收稿日期: 20120122)