

斜盘半圆面加工工艺

李学良, 向健利, 刘高松, 何兴财, 谷阳灿

重庆红江机械有限责任公司 重庆 402162

摘要: 以液压柱塞泵中的异形零件斜盘为例, 针对零件结构特征和两侧半圆面的加工难点, 对影响磨削同轴度的人、机、料、法、环和测等因素进行全面分析和工艺研究, 提出增加尾座支撑、控制顶紧力及更换磨削砂轮等改进方案, 通过有针对性的检测分析和相关的工装改进, 最终保证了半圆面的同轴度。

关键词: 柱塞泵; 斜盘半圆面; 同轴度; 磨削加工; 改进方案

1 序言

在柱塞泵中, 斜盘半圆面与泵体轨道面配合, 对柱塞泵中缸体、柱塞和球碗等零件及其相关高速运动起支撑作用。同时与变量活塞配合在轨道面上旋转角度, 控制柱塞泵的流量和方向, 其精度对柱塞泵使用有重要影响^[1]。

随着各厂家对柱塞泵效率、噪声及寿命等要求的不断提高, 斜盘作为关键部件, 在工作时受高频、交变力矩作用, 对泵的寿命、噪声及变量特性均有重要影响, 是制约轴向柱塞泵向高压、大功率及快速响应方向发展的因素之一^[2, 3], 其尺寸和几何公差要求在不断提升。斜盘为异形件, 加工难度大, 需要对现有工艺进行不断优化, 以满足相关精度需求。

2 难点分析

公司接到某型号柱塞泵的加工需求, 分析图样发现, 相比以往加工的同类零件, 其对斜盘半圆面的尺寸和几何公差要求进行了大幅提高, 如图1所示, 要求半圆面尺寸为 $\phi 225_{-0.05}^{+0.03}$ mm, 单边圆柱度0.005 mm, 两半圆与公共轴线同轴度 $\phi 0.006$ mm。斜盘外形尺寸如图2所示。

通过对图1、图2分析可知其结构特点, 从而得出该半圆面加工难度主要有以下几点。

1) A、B基准虽为两端外圆自身, 但由于零件两端外圆距离较远, 中间毛坯凸起导致零件无法走

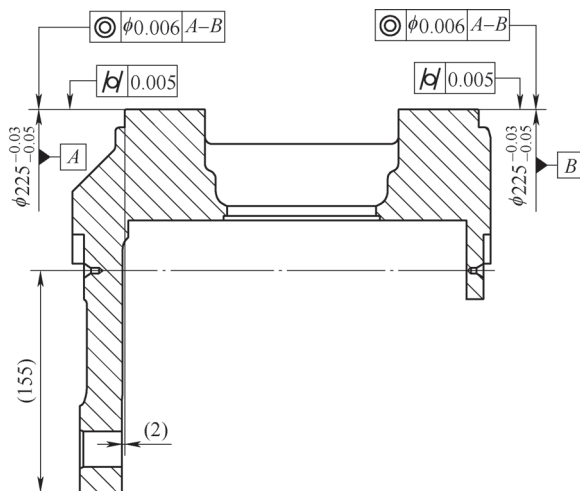


图1 斜盘外圆尺寸和几何公差要求

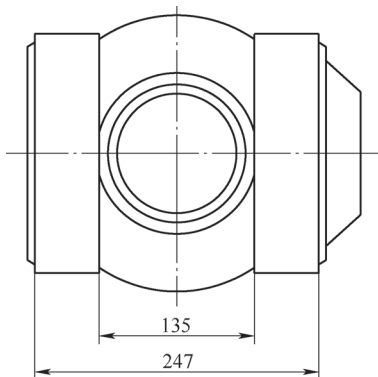


图2 斜盘外形尺寸

刀磨削, 必须分两次进刀切磨, 同轴度不好保证。

2) 外圆为不到180°的近半圆结构, 在加工时重心偏移零件旋转中心, 会导致磨削零件尺寸和形

状不稳定，最终导致要求的圆柱度和同轴度超差。

3) 同样由于零件结构问题，外圆尺寸的检测难度比较大，零件尺寸公差小，尺寸保证困难。

4) 零件大端搭子和中部毛坯凸起部位超过外圆直径范围，磨削时必须注意避开，否则容易打破砂轮，发生安全事故。

3 加工方案确认

斜盘外圆加工初步方案是使用高精度外圆磨床磨削外圆，选用厚度与外圆轨道宽度接近的60mm白刚玉砂轮，一次切磨完成一边外圆加工，严禁走刀磨削，防止砂轮与零件碰撞产生安全事故。

针对斜盘半圆结构导致的重心偏移旋转中心的情况，设计了专用配重块对零件重心进行调节，加工前通过配重确保零件重心在两侧中心孔连线上，保证磨削外圆轮廓度。通过三维建模和计算，确认安装配重后，零件中心与两中心孔连线偏移量不超过0.1mm，保证磨削的稳定性。斜盘配重磨削如图3所示。

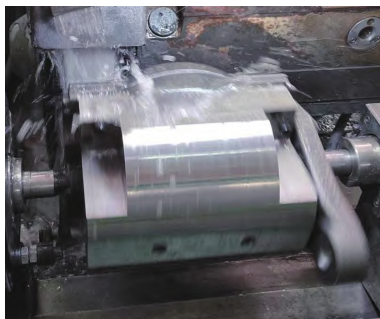


图3 斜盘配重磨削

针对小半圆检测困难的问题设计了专用检测夹具，该检测夹具由60° V形测量块、测量样件和千分表组成。测量样块为经过计量的 $\phi 225\text{mm}$ 标准圆柱体。

半圆面尺寸检测方案如图4所示，检测时将千分表表杆伸入V形测量块中孔并固定，设样件半径为A，零件半径为B，使用测量块分别检测样件和零件，并记录千分表读数，其读数差值即为 L_2 实测值。

经过简单的三角函数计算，可得 $L_1 = 2(A - B)$ ， $L_2 = B + L_1 - A = A - B$ 。即千分表读数差值为零件和样件的半径差值。这种对比测量的方法可快速准确地检测出零件外圆尺寸，并通过线上检测来控制外圆尺寸。

在外圆磨削前，要求在磨削设备上对中心孔进

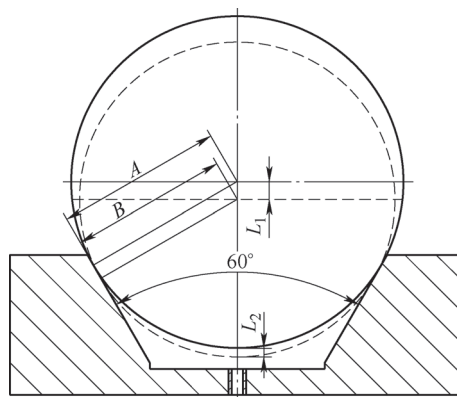


图4 半圆面尺寸检测方案示意

行研磨。在超精加工时，中心孔的圆度将是被磨工件磨削外圆精度的重要决定因素^[4]。通过研磨中心孔可以大幅提高外圆圆柱度精度。

4 现场生产问题

在完成加工、检测方案的制定和工装的设计生产后，斜盘投入生产，工艺人员现场跟踪首批斜盘外圆磨削情况，发现初始加工方案存在以下问题。

1) 由于零件较重，在磨削时发现机床顶尖会由于零件自重而有一定下坠，这种现象对零件同轴度会产生一定影响。

2) 两顶磨削时，由于零件两端中心孔较小，为保证夹持安全可靠，必须使用较大顶紧力，导致零件发生装夹变形，松开顶尖后，检测磨削后的零件两节半圆整体呈现内凹状态，导致零件同轴度超差。

3) 使用白刚玉砂轮磨削，磨削时发现零件有让刀现象，即当砂轮进给至同一机床刻度后，零件两侧外圆尺寸不一致，对零件外圆尺寸稳定性有一定影响，必须提高检测频次，采用高频检测和微量进刀才能保证外圆尺寸。

首批外圆磨削后，零件圆柱度和尺寸可以保证达到图样要求，同轴度见表1，试制5件，同轴度均未达到图样要求。

表1 首批斜盘外圆磨削同轴度（单位：mm）

工件号	同轴度 (A端)	同轴度 (B端)
1	$\phi 0.012$	$\phi 0.008$
2	$\phi 0.0044$	$\phi 0.0127$
3	$\phi 0.013$	$\phi 0.017$
4	$\phi 0.0063$	$\phi 0.0075$
5	$\phi 0.016$	$\phi 0.020$

由表1数据可知,采用初始加工方案加工斜盘,外圆磨削同轴度稳定性较差,无法满足设计要求。

5 最终解决方案

针对加工中出现的相关问题,做了有针对性的检测分析和相关的工装改进,具体内容如下。

1) 以同一件零件为检测样件,重复多次装夹,对顶尖下坠情况进行分析,发现有以下规律:同一个零件以相同方向多次装夹到设备上顶紧,顶尖的下坠量基本保持一致,同时尾座顶尖的下坠量较大,通常在0.02~0.04mm。用同一个零件调转方向装夹,使用百分表拉零件半圆面母线,发现靠近尾座的一端通常会低于头架一端0.02mm左右。

由此可知零件顶尖下坠主要发生在尾座顶尖上,为此设计了图5所示尾座顶尖支撑夹具,可以安装在磨床导轨上,通过调节支撑座的高度来控制尾座下坠量,防止由于头架尾座顶尖高度差导致零件磨削同轴度超差。

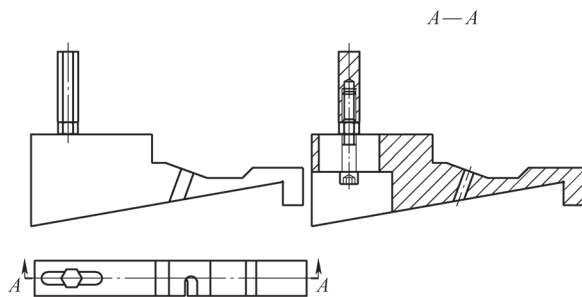


图5 尾座顶尖支撑夹具

2) 在配重块左右两侧增加了顶紧螺栓,将配重块安装到零件上后,拧紧两侧顶紧螺栓,支撑顶起斜盘两侧面,在顶磨时可以减少零件弯曲变形。

3) 更换磨削砂轮,增加砂轮修整要求。从微观结构来看,铸铁内部石墨呈球形状,如在加工中不及时排除,极可能与切屑一起嵌入砂轮中,使砂轮失去锋利的切削能力^[5]。斜盘材料为QT600-3,为此将白刚玉砂轮改为更适合磨球铁铸件的绿色碳化硅砂轮,同时将磨削分为粗、精磨两个工步,要求在精磨前对砂轮进行修整。

6 改进后的工艺效果

在完成增加尾座顶尖支撑、增加配重块顶紧螺栓以及更换磨削砂轮的工艺优化后,对新一批斜盘的外圆进行精磨,同轴度数据见表2。5件斜盘均达

到图样要求,尺寸和圆柱度同样在公差范围内,斜盘外圆磨削工艺方案验证成功。

表2 工艺优化后斜盘外圆磨削同轴度 (单位: mm)

工件号	同轴度(A端)	同轴度(B端)
1	$\phi 0.0015$	$\phi 0.0011$
2	$\phi 0.005$	$\phi 0.005$
3	$\phi 0.0006$	$\phi 0.0048$
4	$\phi 0.0014$	$\phi 0.0033$
5	$\phi 0.001$	$\phi 0.003$

7 结束语

本文中的斜盘属于异形件,重心偏移零件旋转中心,精加工最大难点是如何保证两端外圆同轴度要求。为此制定新的加工方案,在试制过程中进行有针对性的检测分析和相关的工装改进,现阶段加工通过增加尾座顶尖支撑、增加配重块顶紧螺栓以及更换磨削砂轮等方案,来控制零件磨削时的重心偏移,最终得到满足精度要求的零件。

参考文献:

- [1] 李学良,刘宏岩,张贵虎,等.斜盘效率提升工艺改进研究[J].现代制造技术与装备,2020(4):101-102,109.
- [2] 李壮云.液压元件与系统[M].3版.北京:机械工业出版社,2011.
- [3] 官忠范.液压传动系统[M].北京:机械工业出版社,1999.
- [4] 孙海林.中心孔误差对精磨工件外圆的影响[J].磨床与磨削,1984(3):68-74.
- [5] 徐弘.球墨铸铁深孔内圆磨削的探讨[J].精密制造与自动化,2005(4):28-30.

MW 20240706

专家点评

作者针对斜盘半圆结构导致的加工难点,设计专用配重块,并采用增加尾座支撑、控制顶紧力及更换磨削砂轮等改进方案,满足了加工精度要求。文章的亮点是有针对性的检测分析和相关的工装夹具设计,以同一零件为检测样件,重复多次装夹,对两端外圆的同轴度超差问题进行原因分析,发现规律并采取预防措施。