

基于悬伸薄壁件内侧孔的螺旋分层铣削方法

苏敏, 张辉, 王利, 亢争涛

中车株洲电力机车有限公司 湖南株洲 412000

摘要: 以地铁构架牵引座内侧孔加工为例, 介绍一种使用螺旋分层铣削方法加工悬伸薄壁件的方案, 通过分析技术难点, 选择合适的工装夹具、刀具及加工参数, 解决了加工过程中的振动和进刀难题, 满足了工艺要求。

关键词: 地铁构架; 牵引座; 悬伸薄壁件; 内侧孔; 螺旋分层铣削

1 序言

A型地铁构架相对于其他地铁车型较为复杂, 该类车型牵引座(见图1)是悬伸薄壁件, 局部加工要素结构刚性差、精度要求高, 以加工牵引座内侧孔难度最大, 现场没有相应的加工经验和适合的生产条件。本文以上海轨道交通18号线为例, 对其牵引座内侧孔加工技术难点进行分析, 确定合理的工艺方案, 运用螺旋分层铣削方法加工悬伸薄壁件, 从而有效保证产品加工质量和效率。

2 加工技术难点分析

A型地铁构架牵引座内侧孔加工技术难点如下。

1) 牵引座为悬伸薄壁件, 加工时刚性差、振动大。 $\phi 42\text{mm}$ 内侧孔加工时存在振刀现象, 导致孔表面加工质量差, 合格率仅60%左右, 不能满足加工要求。

2) 牵引座 $\phi 42\text{H}8$ 孔精度高, 加工时使用4把刀具, 耗时较长。由于孔加工部位空间狭小, 因此现有刀具没有足够的进刀空间。下刀空间 $L_1 =$

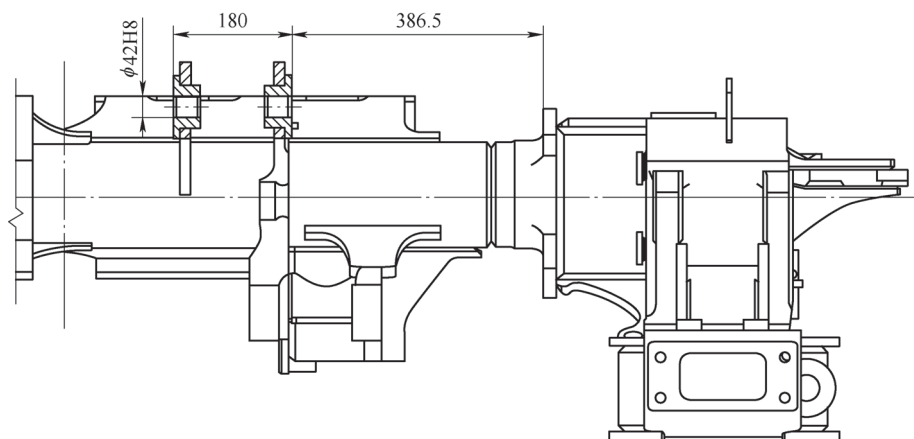


图1 牵引座

386.5mm, 附件头宽度 $L_2 = 205\text{mm}$, 2块筋板距离 $L_3 = 180\text{mm}$, 现有刀柄最小长度 $L_4 = 40\text{mm}$, $L_2 + L_3 + L_4 = 425\text{mm} > L_1$ (下刀空间)。

3) 新型刀具无相应加工经验。若采购新型刀具解决进刀空间问题, 现场没有相关加工经验, 则难以确定最优的进刀方式和切削参数来保证加工效率

和产品质量。

3 解决方案

3.1 难点1) 解决方案

由于牵引座属于薄筋板, 在两个筋板之间增加一个可调节的支撑杆(见图2), 可以改善牵引座

加工时的刚性，减少 $\phi 42\text{mm}$ 内侧孔加工时的振刀现象，保证孔的表面加工质量（见图3），孔内表面的表面粗糙度100%满足图样要求。



图2 支撑杆



图3 孔的表面加工质量

3.2 难点2) 解决方案

(1) 解决进刀问题 联合工艺人员分析设计图样，联系刀具厂商，针对 $\phi 42\text{H}8$ 内侧孔加工制作专用接长刀具，刀柄和刀杆为一整体，接刀杆（见图4）和接刀头增加定位销（见图5），便于定位紧固，确



图4 接刀杆



图5 定位销

定刀杆直径 $D=32\text{mm}$ ，刀头可拆卸，其中刀柄与刀杆长度 $L_4=130\text{mm}$ ，刀头长度 $L_5=95\text{mm}$ ， $L_2+L_4=335\text{mm}<L_1$ （下刀空间 386.5mm ），可以满足下刀加工条件^[1]。

(2) 减少刀具数量 两个接刀头长度均设计为 $L_5=95\text{mm}$ ，刀头可拆卸，刀头也有一个定位锁紧销，以增强紧固。使用2把刀具（见图6）即可完成对 $\phi 42\text{H}8$ 内侧孔的加工，其中1把为直径 32mm 方肩铣刀，另1把为直径 42mm 精镗刀。与工艺方案改进前相比，会减少使用2把刀具，只需要手动更换2次刀具。



图6 加工刀具

3.3 难点3) 解决方案

(1) 选择最优进刀方式 将接长刀杆直径确定为 $D=32\text{mm}$ ，采用螺旋分层铣削（见图7）加工方式^[2]。首先，使用1把直径 32mm 方肩铣刀，采用更优的螺旋分层铣削进刀加工方式，螺旋铣削加工完成之后留 0.4mm 的精镗孔余量，然后使用第2把直径 42mm 精镗刀直线插补进刀进行精镗孔^[3]。

(2) 选择最优加工参数 经过反复试验，直径 32mm 方肩铣刀选用进给速度 $v_f=200\text{mm/min}$ 、转速 $n=500\text{r/min}$ 的加工参数加工时效果最好；直径 42mm 精镗刀选用进给速度 $v_f=15\text{mm/min}$ 、转速 $n=$

600r/min的加工参数加工时效果最好,孔的表面粗糙度、加工尺寸100%达到图样要求,加工效果如图8所示。



图7 螺旋分层铣削



图8 加工效果

4 取得的成果

通过努力,成功地完成了基于悬伸薄壁件内侧孔的螺旋分层铣削方法攻关,并取得了以下成果。

1) 提升了产品合格率。 $\phi 42H8$ 内侧孔表面粗糙度合格率由60%提升到100%,完全符合加工工艺要求。

2) 提高了加工效率。工艺改进后,加工刀具由之前的4把减少到2把,加工2个 $\phi 42H8$ 内侧孔时间缩短了18min/架。

3) 降低了成本。工艺改进后,加工 $\phi 42H8$ 内侧孔节约刀片成本13.64元/架。

4) 技术推广。螺旋分层铣削方法已推广应用与其他有类似A型地铁牵引座 $\phi 42H8$ 孔结构的车型。

5 结束语

本文以地铁构架牵引座为例,分析并解决了悬

伸薄壁件加工内侧孔的工艺难点和质量控制难点,通过螺旋分层铣削技术攻关,确保构架加工后符合图样技术要求,提高了加工效率,为后续同类型产品加工提供了制造经验。

参考文献:

- [1] 张玉,刘平.几何量公差与测量技术[M].沈阳:东北大学出版社,2006.
- [2] 侯珍秀.机械系统设计[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2001.
- [3] 孙志礼,冷兴聚,魏延刚,等.机械设计[M].沈阳:东北大学出版社,2000.

MW 20240408

专家点评



文中的地铁构架牵引座属于典型的悬伸薄壁件,零件结构刚性较差,内侧孔加工时存在刀具振动和进刀空间不足难题。作者通过技术攻关,采用螺旋分层铣削方法,解决了内侧孔加工和质量控制难点问题,提高了加工效率。

文章的亮点是悬伸薄壁件内侧孔加工方案。通过在牵引座筋板之间增加一个可调节的支撑杆,改善加工时的工艺刚性;通过制作专用接长刀具,使用可拆卸刀头解决内侧孔进刀空间不足问题;通过螺旋铣削分层进刀方式并选择最优加工参数,保证内侧孔加工质量。为类似产品的加工积累了实践经验。