

探析机械加工工艺对工件加工精度的影响

姜佑明

(中铁二十五局集团有限公司 广东 广州 510600)

摘要: 随着社会的进步与发展,机械加工行业的重要性越来越凸显,各行业对机械产品质量的要求也越来越高。零件加工精度是衡量机械产品质量的一个重要标准,如何提高零件加工精度显得尤为重要。文章以机械加工工艺对零件加工精度的影响为切入点,提出控制加工误差、提高零件加工精度的措施,以期为机械加工产业的发展提供一定的参考。

关键词: 机械加工工艺;加工精度;影响因素;控制措施

0 引言

机械加工工艺是指通过机械加工工艺过程,改变坯件的形状、尺寸和表面质量,使其成为工件或零件的过程。零件加工精度是指机械加工后,工件或零件的外形尺寸、几何参数等与设计图纸严丝合缝,以满足零件的加工精度需求。

1 机械加工工艺对零件加工精度的影响

1.1 工艺系统的几何精度

1.1.1 主轴回转误差

如图1所示,机械加工过程中,主轴回转误差主要有以下几种:其一,主轴径向跳动,造成圆度误差;其二,主轴倾角摆动,造成垂度误差。在加工螺纹的过程中,还会造成周期误差;其三,端面圆跳动,导致车削时,造成端面圆误差。镗孔时,造成椭圆孔。

针对上述问题,可以从以下几方面降低主轴回转误差:第一,提高主轴零部件的精度,比如D/C级前轴承、静压滑动轴承等;第二,提高轴颈和主轴箱体重要表面(支承孔)

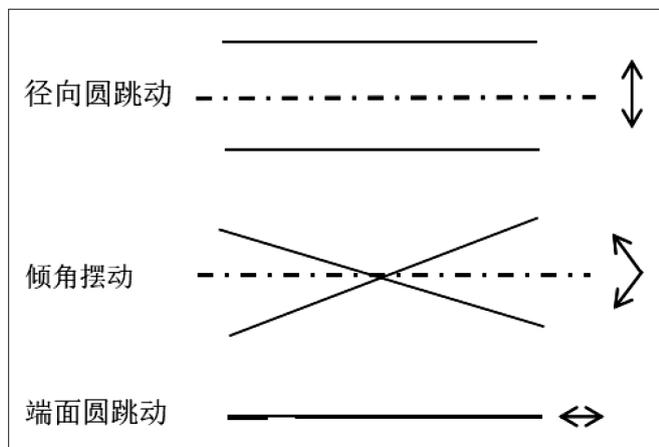


图1 主轴回转误差示意图

的加工精度;第三,采用死顶尖磨削外圆,双死顶尖装夹被加工件,以避免主轴误差转移到工件上^[1];第四,选配滚动轴承、精密液体静压轴承或者精密气体静压轴承,提高主轴支承精度。调整安装,选用误差抵消或者轴颈与轴承内圈角配合法,提高零部件的加工精度。

1.1.2 导轨误差

导轨误差会造成鼓形或者鞍形误差,其诱因包含导轨自身误差以及机械加工过程中的热变形、磨损不均和受力变形等。以车削工序为例,若导轨水平面向后凸起,会导致鞍形误差;若向前凸起,则会导致鼓形误差。想要控制导轨误差,提高零件加工精度需要注意以下几点:第一,提高导轨精度与耐磨性,正确选用材料,选择合理的润滑方式,优化防护装置与导轨结构的设计;第二,加强导轨的日常维护与管理,禁止超负荷运行,以避免导轨拉伤、非正常磨损,影响零件加工精度;第三,合理选择润滑剂,尽可能减少导轨作业的摩擦阻力,减少不必要的磨损,降低工艺系统误差和驱动功率,避免爬行现象、热变形等问题,可靠提升加工效率与加工精度^[2]。

1.1.3 传动链误差

传动链能误差以传动元件的转角误差为衡量,主要是指齿轮、丝杆、螺母、蜗杆、蜗轮等传动元件因磨损、制造误差、装配误差等在相对运行中破坏正确的运动关系,产生的加工误差。传动机构是机械加工设备的重要装置,而传动元件在制造、装配和使用的过程中都会存在一定的误差,这些误差无可避免,且会严重影响工件的加工精度。比如滚齿机的分齿机构的传动链的制造误差、装配误差会影响齿轮转动平稳性,产生分齿误差。控制传动链误差,可以从以下几方面入手:第一,合理选择传动方式、级数和传动比,控制传动元件数量,减少传动误差;第二,优化传动链设计,减少制造误差、装配误差对零件加工精度的影响;第三,根据工件使用条件,合理控制传动间隙,以保证瞬时速度匀速不变;第四,采用误差校对机构,削

弱或避免传动链误差对零件加工进度的影响。

1.2 工艺系统的受力变形

机械加工工艺在夹紧力、传动力、重力和惯性力等因素的作用下,会出现振动或变形等现象,这会对切削加工的性能与效率造成直接影响,进而降低零件的加工精度。机械加工工艺的受力变形产生的误差主要包含以下几个方面:第一,由于被加工件的加工余量不合理或者硬度不均等问题,使切削力发生变化,机械加工工艺系统受力变形,加大零件加工误差。如图2所示,当背吃刀量、切削力等存在差异,则会造成椭圆形误差,其中, a_{p1} 、 a_{p2} 分别为长轴和短轴上的最大背吃刀量, y_1 、 y_2 是 a_{p1} 、 a_{p2} 对应的变形;第二,夹紧工装的过程中,如果工件刚度不强,则很可能在夹紧力的作用下,产生加工误差,降低零件加工精度;第三,受离心力影响,机械加工工艺系统受力变形,加大零件加工误差;第四,在磨削或者车削工序,如果装夹工具为双顶尖拨盘卡箍,那么一旦单爪拨盘的传动力的方向发生变化,就会改变切削力,从而产生加工误差;第五,摇臂钻的自重使机床受力变形,改变主轴回转轴轴线与工作台之间相互垂直的状态^[3],详见图3。

减少机械加工工艺的受力变形主要从以下几方面入手:第一,采用预加载荷的方式,增加零件接触面积,减少配合面间隙,以改善工件与工作台接触面的配合度,提高接触刚度,降低受力变形的影响;第二,缩短切削力作用点与工件支承面之间的距离,提高工件刚度,有效控制因工件结构不均或者工件刚度不高所导致的受力变形;第三,加设辅助装置,提高机床抵抗变形的能力;第四,改进装夹工具的质量,有效控制夹紧力造成的受力变形。

1.3 工艺系统的热变形

机械加工工艺在摩擦热、切削热、辐射热和其他高温环境下,会出现热变形现象,这会严重影响零件的加工精度与加工效率^[4]。机械加工工艺系统的热变形对零件加工精度的影响主要表现为以下几个方面:

第一,机床热变形。比如,车床的主轴轴承与传动副轴承产生的油齿发热会导致主轴倾斜。再比如,导轨磨成或龙门铣床等大型机床的上表面温度过高,会使机床出现弯曲变形,加大零件的形状误差,降低零件的加工精度。

第二,工件热变形。工件材质、形状以及加工方法都是影响工件热变形的重要因素。以轴类零件为例,由于在车削、磨削等工艺流程中,受热比较均匀,而当工件的直径超过特定限值后,必须用刀具切除增大部分。这就会导致工件在冷却后产生形状误差和尺寸误差,形成一定锥度。在细长轴的车削过程中,工件会应受热产生变形,顶尖间在一定范围内存在轴向压力,进而降低切削力的稳定性,导致工件弯曲变形,影响加工精度。在磨削丝杠时,工件

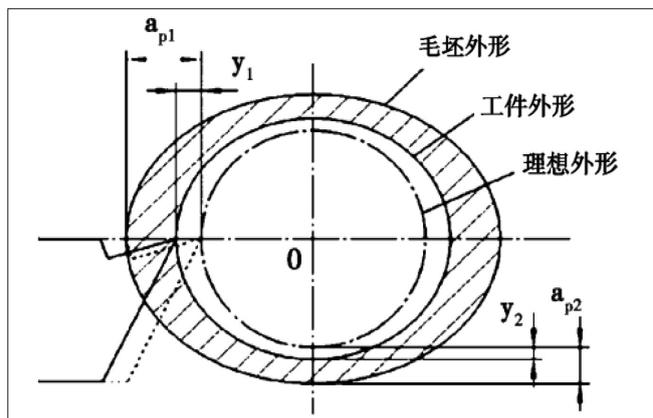


图2 切削力的误差示意图

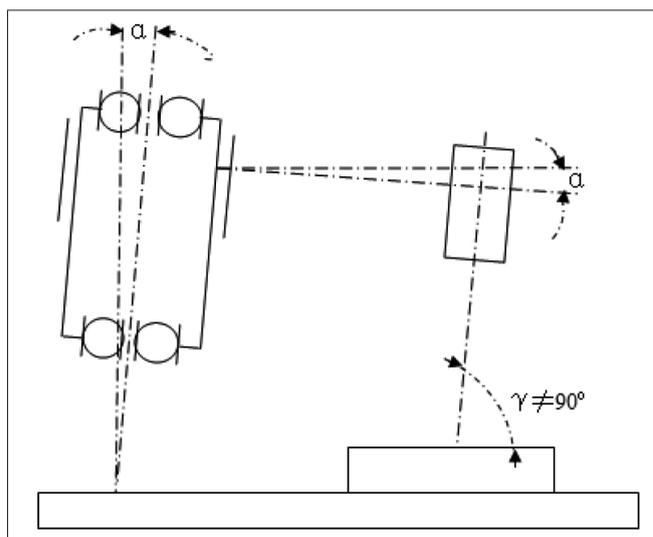


图3 摇臂钻自重产生的主轴倾斜

在热变形的影响下,出现轴向伸长现象,产生螺距累积误差。而针对薄圆环的磨削,由于加工件体积小,磨削加工过程产生的热量大,导致工件温度急剧上升,而装夹位置温度低,这就造成工件在冷却后会出现圆度误差,影响加工精度。

第三,刀具热变形。在车削加工过程中,虽然切削热传入刀具的比例并不是很大,但由于刀具体积小,而刀具的热容量和其表面积正相关,因此,刀具切削热会造成比较大的温升,导致工件出现热变形现象,影响零件加工精度。

针对机械加工工艺系统的热变形,减少加工误差可以从以下几方面入手:

第一,改进工艺设计。做好精加工的准备,先空转机床使其实现热平衡之后,对精密机床实施恒温控制,以均衡机床的作业环境温度。同时,在加工大型精密零件的过程中,除非必要,原则上是不可以中途停车的。

第二,改进结构设计。合理设置支撑,以减少热变形对零部件的影响。优化结构热对称设计,保证机床零部件的散热与导热途径、零件质量和热源等均衡分布,

使零部件的形状、刚度、支承等对称于中间轴线或者中间面,为机床的部件与组件提供良好的热环境,以削弱或彻底消除热变形,提高零件加工精度。隔离热源,将机械加工过程中的发热源尽量与主机隔离开,以减少机床温升,维持机床的热稳定状态,减少机床热变形。对于无法隔离的热源,如主轴承、摩擦离合器和丝杠螺母副等,可以采取强制冷却或者优化摩擦状态的方式,控制传导到机床的热量。此外,还可以通过优化排屑设计,避免切削热大量传导给机床,有效控制工艺系统的热变形,切实提升零件加工精度。

1.4 工艺系统的残余应力

机械加工工艺系统的残余应力对零件加工精度的影响主要表现为以下几个方面:

一是在焊接、锻造或者铸造毛坯件的过程中,坯件壁厚薄以及结构的差异会直接影响金相组织与冷却速度的变化,导致毛坯内部的应力较高。虽然,在机械加工的过程中,会切除部分残余应力,但却无法彻底消除,导致残余应力重新排布,引起工件变形,影响零件加工精度。

二是在切削过程中,作用力与切削热的双重作用下,工件表面会存在残余应力,发生塑性变形。当残余应力达到一定标准,工件表面则会出现开裂等现象。

三是细长轴经过加工后,由于残余应力的重新排布,导致工件弯曲、变形,影响加工精度。虽然冷校直法会在一定程度上减少残余应力的影响,但却无法消除二次加工产生的变形^[5]。

鉴于此,可以从以下两方面,减小机械加工工艺系统的残余应力对零件加工精度的影响:

第一,合理设计零件结构,通过把控零件尺寸误差,减少坯件加工过程中的残余应力的影响;

第二,根据实际情况,选择正确的自然时效或者人工时效处理措施。其中,自然时效就是要在坯件成型后,通过在空气中静置的方式,减少或消除内应力。该方法操作便捷,但耗时长;人工时效又分为热时效和振动时效两类。热时效是将工件加热至指定温度后,随加热炉一起冷却,该方法需要投入大量资金,且能耗大。振动时效是通过激振器使工件共振,该方法操作便捷、能耗低,且可以彻底消除残余应力,应用较为广泛。

(下转第45页)

液马达滑靴副的摩擦学性能影响研究[J].表面技术,2019,48(04):230-236.

[2] 蒋川.海水淡化泵-马达集成装置螺旋阻尼槽滑靴副水膜承载特性研究[D].秦皇岛:燕山大学,2021.

[3] 杨勇康.轴向柱塞泵/马达用磁性滑靴副油膜特性研究[D].淮南:安徽理工大学,2018.

[4] 许攀.轴向柱塞泵/马达磁性滑靴副结构与特

2 提高加工精度的措施

控制机械加工工艺对零件加工精度的影响,消除机械加工误差是关键所在。经过实践验证,减少机械加工误差可以从以下几方面入手:第一,控制人为因素。由于人为因素是在机械加工的 actual 过程中产生的,具有不确定性与不可预测性。因此,现场操作人员要严格遵守加工工艺流程,提高机械加工的标准性、规范性,减少因人为操作失误导致的加工误差。第二,消除原始误差。在充分分析原始误差的组成结构的前提下,采取有效措施,快速、直接减少原始误差影响。比如,选用精密机床加工对精度要求较高的零部件。同时,可以引入补偿机构,对零件在机械加工设备、加工工艺系统上的原始误差进行补偿。此外,可以通过改进加工工艺流程的方式,分化原始误差,并对工件本身、机床维修保养等方面上产生的原始误差进行转移处理,将作用位置的原始误差转移到非作用位置,以提高零件的加工精度。

3 结语

总之,机械零件的加工质量以加工精度为重要的衡量标准,而机械加工工艺的精度与机械加工工艺系统息息相关。因此,可以从机械加工工艺出发,对加工精度的影响进行深入分析,并采用相应的措施,以降低返工率,提高机械加工工件的加工精度。

参考文献:

[1] 高晚生.基于机械加工对零件加工精度影响对策的研究[J].科技视界,2015(12):85+200.

[2] 王杰,程明远,李士晓.浅谈机械设计加工中应注意的几个问题[J].科技信息,2011(11):96-97.

[3] 储胜国.浅析零件加工中机械加工对精度的影响[J].内燃机与配件,2021(21):109-110.

[4] 方理想.机械加工对加工精度的影响[J].流体测量与控制,2022(3):40-42.

[5] 吴克兵.机械加工对零件加工精度的影响研究[J].造纸装备及材料,2021(2):94-96.

性研究[D].淮南:安徽理工大学,2017.

[5] 聂松林,张立茂,张振华,等.水压轴向柱塞泵/马达滑靴副水膜动态特性分析[J].北京工业大学学报,2017,43(09):1303-1310.

作者简介:葛正菊(1983.12-),女,汉族,甘肃兰州人,本科,工程师,研究方向:液压元件研发设计。