

影响零件加工精度的机械加工工艺分析

王联翔 左锋 王亮 张辉林 王延佳

(北方自动控制技术研究所 山西 太原 030031)

摘要: 机械加工精度是指加工后的零件的实际值参数与理论值一致的程度, 主要体现在零件各表面、几何形状及尺寸等方面, 而加工误差则表示两者之间所引起的误差。就数值上而言, 用加工误差的大小来表达加工精度。目前, 国内的机械加工领域正处于快速发展阶段, 为了从总体上保证零件的加工精度, 必须具体分析其加工精度的影响工艺, 通过对加工精度进行有效的控制, 方可进一步提升机械加工的质量。鉴于此, 在对机械加工工艺进行分析的基础上, 对影响零件加工精度的因素进行介绍, 并提出改善零件加工精度的措施, 以此进一步提升零件加工的精度。

关键词: 机械设计; 制造工艺; 表面精度; 表面粗糙度

1 机械加工工艺相关概述

1.1 机械加工工艺

机械加工工艺即采用相关的机械设备对即将售出的产品进行系统加工, 把其零件进行重装、组合, 将产品的形状、质量进行改变, 以此让该产品的基本质量符合国家/行业相关标准。加工工艺对加工质量具有一定程度的影响。在进行机械加工工艺的过程中, 应综合考量待加工零件的数量和产品规格要求, 以及目前企业的人员数量和设备标准, 进行参照并予以制定。同时, 依据企业的生产工艺流程, 形成一套详尽的工艺流程文件, 并将作为生产准备, 纳入整个机械加工流程中^[1]。当然, 需要考量企业和所生产零件的差异, 以此制定对应的流程文件。因而, 企业在开展机械加工的过程中, 必须在加工工艺予以科学合理的把控, 确定加工尺寸、数量, 寻求科学化、合理化的加工工艺, 生产制造出符合要求的毛坯零件, 使其外观和质量达到相关的标准。鉴于此, 机械加工流程文件发挥着重要作用。企业参照该文件指导机械加工工作, 通过对原材料进行初步加工、再加工, 到最后的零件组装, 从而实现整个加工流程。

1.2 冷作硬化及其评定参数

工件材料冷作硬化又称为强化。由切削力引起的塑性变形是加工材料变形的原因, 并且在晶粒之间发生剪切滑移。加工后的材料被拉长, 原纤化断裂, 提升金属表面层的硬度和强度。影响冷作硬化的主要因素见表1。

表1 影响冷作硬化的主要因素

加工方法	工件表面变化	工件冷硬变化结果
切削刃钝圆半径增大	对表层金属的挤压作用增强, 塑性变形加剧	导致冷硬增强
刀具后刀面磨损增大	后刀面与被加工表面的摩擦加剧, 塑性变形增大	导致冷硬增强
切削速度增大	刀具与工件的作用时间缩短, 使塑性变形扩展深度减小	冷硬层深度减小
切削速度增大后	切削热在工件表面层上的作用时间缩短	将使冷硬程度增加
进给量增大	切削力增大, 表层金属的塑性变形加剧	冷硬作用加强

2 机械加工工艺对加工精度的影响

2.1 几何精度对加工精度的影响

研究表明, 在现代机械制造工艺中, 机械装备发挥着举足轻重的作用, 其质量水平直接影响到整个制造工艺的质量和精度; 但在一些企业中, 因机械装备在设计和制造上出现一系列误差, 致使设备形成不可避免的缺陷, 从而在一定程度上影响加工工艺的精度; 除此之外, 受操作人员个体因素的干扰, 不同技术人员在操作安装设备等方面存在差异, 影响加工精度。与此同时, 机械设备在持续的运转后, 出现不同程度的磨损情况, 影响刀具的使用年限, 这些因素均会影响零件加工的精度^[2]。

2.2 机床加工设备磨损

在机床正常运转的情况下, 发生相互运动, 导致

表面出现不同程度的磨损,且该现象无法避免。另外,如果机床长期处于高负荷运行状态,或者处于不规范的操作下,造成机床内部零件严重磨损,从而增大误差范围。例如,在日常使用的过程中,特别是加工某些难以切削的材料时,数控车床的进给机构、换刀机构和刀具本身均会出现一定程度的磨损,加快刀具磨损速度。一旦未能及时发现并更换相关刀具,将会对加工精度造成一定程度的影响。

2.3 受力因素

目前,零件的机械加工离不开与零件的直接接触,难免会对零件施加一些作用力。通常情况下,在利用刀具对零件进行切削加工或磨削加工时,即使加工工艺科学合理,并且进行规范操作,零部件也将产生挤压破坏,影响零件的加工精度和质量,出现一系列残次品^[3]。由于机床操作者在对工艺参数予以优化时,未能充分考虑受力和变形等因素,将导致零件加工过程中出现不稳定现象,从而增加加工误差。

2.4 受热变形

加工零件时,机器设备处于长期工作状态,在此过程中,将会产生大量的热能。例如,切削、研磨时,工件间的摩擦做功产生大量的热能。在这种情况下,若被加工工件的刚性不足,使某一部位由于温度升高而变形,从而影响加工工件的精度。对于大尺寸工件的加工,热变形所造成的误差对其加工精度的影响可达到50%以上。因而,由于受热变形,零件的加工精度存在一定程度的误差。此外,由于在机床受热变形过程中,不能将热源均匀释放到机床各部件中,形成各部件之间的温度差异,进而造成不同程度的热变形,对零件加工精度形成影响。

综上,机械加工工艺对加工精度的影响主要受到几何精度、机床加工设备磨损、受力因素、受热变形的共同影响,如表2所示。

表2 机械加工工艺对加工精度的影响

	影响因素	作用原理
加工精度	几何精度	机械设备自身的误差,导致设备存在缺陷
	机床加工设备磨损	当机床在相互运动表面产生一定的磨损,高负荷运转或者使用操作不规范时,机床内部零件磨损严重,致使误差范围扩大
	受力因素	机械零部件在加工过程中存在力的相互作用,产生挤压,影响零部件加工精度
	受热变形	机械设备在切割和磨削过程中,物体间的摩擦做功产生大量热,温度不断升高,影响生产的零件精度

3 提升机械加工精度的途径

3.1 合理选用刀具,优化切削参数

刀具的几何参数、材料和刃磨质量对机械加工精度有重大的影响。在加工过程中必须考虑被加工材料的特性,选择合理的刀具几何参数有利于提高加工精度和加工效率。加工强度和韧性较低、塑性好的材料时,可选用较大的刀具前角和后角,切削力小工件变形小。加工强度和韧性高的材料时,应选用较小的刀具前角和后角,增强刀尖和刀刃,提高刀具寿命^[4]。针对不同的被加工材料选用适用的刀具材料,可以充分发挥刀具的性能和寿命,大幅度提高切削加工精度的稳定性。刀具刃磨质量的好坏,影响加工工件的表面质量。金属切削刀具示意图如图1所示。

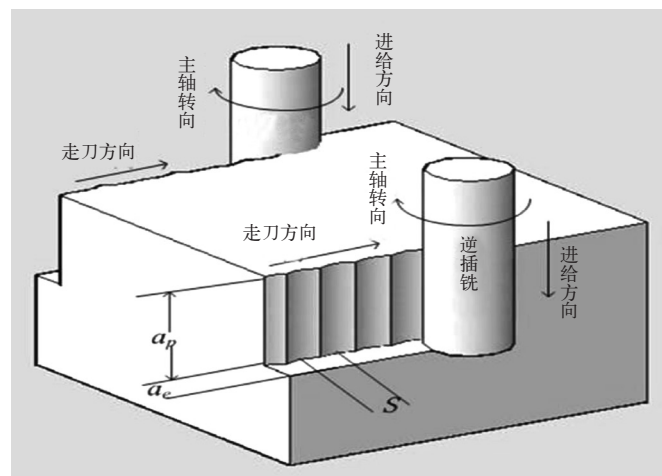


图1 金属切削刀具示意图

合理的切削参数能够最大程度地发挥刀具和机床的性能,提高加工效率,保持机械加工精度的稳定性。粗加工时,采用较低的切削速度、较大的吃刀量、较快的进给速度,以保持高的加工效率和均匀的精加工余量。精加工时,采用较高的切削速度、较小的吃刀量、较慢的进给速度,从而得到尽可能高的加工精度。

3.2 原始误差控制

在机械加工中,为了对机械加工中的误差进行控制,必须针对造成误差的不同因素,对其进行针对性的分析和控制,从而从根本上降低发生误差的可能性。例如,在进行机械加工时,如果要引入工装夹具和机床,就必须检测机床和工装夹具的有关参数,以保证其制造精度满足机械加工的质量要求,

以免在实际加工中,由于原始误差等因素,影响机械加工的质量。在机械加工过程中,待应用机床和工装夹具后,要对机床和工装夹具的磨损和受力变形情况进行定期检测,一旦发现其质量存在问题,则应及时予以更换和维护^[5]。如果机床本身的精度发生改变,则需进行修护,恢复其精度。在进行加工前,须对加工部件进行热处理,并开展核查,为机械加工工作提供必要的保障。

3.3 对加工温度的科学调控

在实际生产中,机械部件容易产生热变形现象,从而引起部件和设备本身的变形,不利于开展后续工作;为改善这种状况,操作人员需要对工件和刀具进行充分的冷却和润滑。同时加工设备的温度也要控制在合理范围之内,以此来避免零件加工精度受到影响。

3.4 采用精密切削加工技术

随着现代机床技术、高速切削技术、刀具技术和高精度快换装夹定位技术的广泛应用,对机械切削加工的精度提出了更高的要求。从目前的情况来看,像国外某些先进制造业大国一样,大多数机器人制造公司早已具备了较高的机械加工效率,可以将其控制在0.01mm的范畴内,同时,这种方法也可以用来控制精密加工技术,通常控制在0.001mm的范畴内,表面粗糙度通常为0.1~0.02 μm 。目前,业内人士也已进一步划分了精密切削过程,有常用的精密铣削、精密车削和精密磨削等多种方法。从本质上讲,与普通的切削形式相比,工人在使用精密切削加工环节时,可以很好地通过微切削形式,在最小的切削深度下,得到高的加工精度。

3.5 合理使用研磨加工技术

精密加工采用传统的磨削工艺,后续工序采用抛光工艺,出现超精密磨削精密加工技术。该技术对金刚石砂轮材质来说十分有效,推动了机械设备精细工序的发展。对于磨料处理方法,在日常应用中,即工人通过将主要的加工零件,直接嵌入并铺入磨料系统的表面系统内加工,在这一过程中,还必须先在磨材中适当加入润滑剂,才能产生相应作用,然后再在磨具上应用,才能使与刀具表面紧密地结合,二者都要针对一定的运动情况,才能合理地充分发挥主要原料的作用,从而保证在刀具的表面上获得良好的磨削作用,更关键的是在进行适当的加工处理时,人们才可以获得尺寸更加精确的刀具,当然,

人们还必须能够要求刀具的整体外形并保证严格的表面粗糙度外观要求。

在工人应用磨削技术的过程中,整个过程的应用速度较小。在控制加工压力值的基础上,可以控制工人在工件上磨削加工过程中的全过程误差,可以有效地控制在0.001mm范围内,表面粗糙度可达0.4~0.1 μm ,表面几何精度和位置精度可以进一步提高。从过去的加工工艺来看,现阶段机械设计和制造的需求是无法满足的,因此,需要引进一些科学技术手段进行机械加工。经过对超精确磨削工艺和常规切削工艺的对比,表明超精确切削工艺大大减少了加工过程,但生产效能获得了明显提升。超精密磨削工艺,主要是指通过原子抛光的硅片直接对零部件表面进行处理而不进行研磨、打磨和抛光,一次性进行零部件的加工生产,从而降低成本,提高制造效率和质量。目前,在我国的太阳能电池板、高清晰度液晶显示屏等多种电子生产行业都使用超精密磨削工艺,极大地促进了我国高新技术工业的发展。

3.6 深化应用微细加工技术

目前,我国大多数机器都正向着加工精密化的方向发展,机器内部零件也显得更加小巧精美,而传统的机械加工方法在制造大中型机器零件时有着较突出的优点。大中型机器零件对尺寸精度要求不高,对精密机械加工方法的需求也较少。但是,由于现代机械加工微制造技术的提高,传统的机械加工方法已经不能完成机械加工目标。精密机器零件大多是高新技术领域,因此零件的加工精度也相当重要,一般只能使用精密机械加工工艺才能制造出满足要求的机械零件。在对小或微型工件的加工过程中,最有效的方法就是微机械加工技术。

在我国电子行业及医疗器械方面,微机械加工技术已经获得了普遍的运用。对这类工艺的分析主要包括传统和非传统的精密加工方式。详细地讲,还可以包括化学加工、放电技术和电浆制程等方法。在这项技术的应用中,最重要的是控制小单元的去除率,使所有的轴都能通过微动达到效果,最好的情况下,它需要工人控制小的运动,最好的范围在几十纳米。同时,工人还要综合控制进给运动,保证进给处于相对稳定的状态,在此基础上还要实现误差的合理控制等,以减少后期所有轴线运动时大误差的发生。此外,随着时代的发展,一种先进的

微加工技术,在较长的应用时间内也突出了新兴化的优点等,随着尺寸的不断缩小,相应地将全面增加其表面积和体积。它会在地表下面被分析。具有物理与力学功能的使用功能。基于此原因,在当前及未来相当长一段时间里,业界人员更要面对的是微热及摩擦学上的问题。

3.7 重视纳米技术的应用

随着科学技术的发展,纳米科技也逐步应用于机器设备的精细机械加工。生物纳米工艺技术是一门较为新的精细工艺技术,结合了生物工程技术、物理学等高科技学科的现代加工技术。纳米技术,通常应用于计算机集成电路设计,也可以进行一些比较复杂的小零件设计。但随着现代信息技术的飞速发展,纳米技术已经在我国机械的精密加工中得到了越来越广泛的应用。现代纳米技术也是一项新科技,在大多数情况下都可以与科技电路结合设计,特别适用于高精度小零件的设计。此外,由于纳米技术生产的零部件质量相对较好,强度相对较大,该技术可以成为推动我国机械制造业进步的良好动力。因此,现代机械也可以从硅片上生产出纳米尺寸的线条,它不但促进加工和制造业的发展,同时对我国计算机技术和电子产品工艺的开发产生了积极的影响,能够明显改善信息存储技术和电子产品的制造与生产效率。

3.8 推广模具技术

机器制造有许多种加工方法。除能够直接加工零部件之外,对零部件的机械加工也能够透过模具成型来实现。在现代机械加工制造技术过程中,模具成型技术作为一项关键技术手段,主要应用于一些复杂曲面加工技术中,以提高加工模具的精度。目前,电气设备的很多重要零部件都是采用模具进行生产的,要进一步提高零部件的准确度,有必要对模具加以调整与完善,提升模型生产的准确度。采用精细制造方法来改善模具的精度,从而改善零件的形状精度与表面质量,使产品的效能得以更进一步的提升。在模具成型过程中,必须解决质量问题,必须采用电控机床对其进行控制,以提高其精度,突出其技术优势,对一些较为复杂的加工工艺也具有

一定的实际意义。

4 结语

现阶段,我国机械零件加工工艺逐步优化,其加工水平也显著提升。机械部件的质量受加工精度的直接影响。在机械加工过程中,会受到内外两方面的影响,因此,技术人员要尽量减少外界因素对加工精度的影响,对加工温度予以控制,不断提升加工技术,从而保证加工质量和效率。伴随着科技的日新月异,机械设备对零部件的精度提出更高的要求。与此同时,在经济高速发展的影响下,制造业市场竞争也变得更加激烈,制造业企业要想在市场上立足,持续发展,需提升产品品质。提升机械加工产品质量,依托于现代化机械制造工艺精密化加工技术的发展。因此,制造业企业应不断深入研究精密加工技术,以此在市场中占据一席之地。

参考文献:

- [1] 张建路. 机械加工工艺对零件加工精度的影响[J]. 现代制造技术与装备, 2023, 59(03):134-136.
- [2] 唐迎东, 马建伟. 机械加工工艺对零件加工精度的影响研究[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(01):111-113.
- [3] 王长江. 机械加工工艺对零件加工精度的影响及改进研究[J]. 现代制造技术与装备, 2022, 58(05):138-140.
- [4] 刘俊辉. 提升机械零件加工精度的方法研究[J]. 新型工业化, 2022, 12(01):184-185+190.
- [5] 邹锷生. 论机械加工工艺对零件加工精度的作用[J]. 中国设备工程, 2021(05):130-131.

作者简介: 王联翔(1970.12-),男,汉族,江苏泰州人,大专,高级技师,研究方向:机械加工;左锋(1971.10-),男,汉族,山东济宁人,本科,高级技师,研究方向:数控加工变形控制;王亮(1986.02-),男,汉族,河北保定人,本科,技师,研究方向:五轴加工及仿真技术;张辉林(1970.05-),男,汉族,河北保定人,大专,高级技师,研究方向:机械加工;王延佳(1991.09-),男,汉族,山西运城人,本科,高级工程师,研究方向:薄壁零件精密加工。