

· 结构与工艺 ·

铝合金零件数控铣削加工

周柏森, 刘东杰

(东北电子技术研究所, 辽宁 锦州 121000)

摘要: 铝合金材料因其优异的材料性能被广泛地在机械制造业使用, 数控加工中心加工铝合金零件具有高效率、高精度的优势。针对各类数控机床的结构特点, 提出了立式、卧式、立卧转换及龙门加工中心的使用特性, 根据铝合金零件的加工特点及要求, 介绍了编程切削参数的选择、常见结构特性的数控编程等数控铣削加工工艺技术的应用。

关键词: 铝合金零件; 铣削加工; 切削参数

中图分类号: TQ012

文献标识码: A

文章编号: 1673 - 1255(2010)06 - 0063 - 04

Machine Manufacturing of Aluminum Alloy Parts by Numerical Control

ZHOU Bai-sen, LIU Dong-jie

(Northeast Research Institute of Electronics Technology, Jinzhou 121000, China)

Abstract: Aluminum alloy materials were used widely in the machine manufacturing for its excellent performance. When the aluminum alloy parts are machined in the numerical control machine manufacturing center, it will have the advantages of high efficiency and high precision relative to the previous ordinary machine tools. For the structure features of all kinds of numerical control machines, their application characteristics in vertical machine, horizontal machine and while alternating vertical machine or horizontal machines as well as in planer milling center were put forward. According to the machining features and requirements for aluminum alloy parts, the application of numerical control milling machining arts and crafts such as the choice of programmed cutting parameters, the common structure features numerical control program were introduced.

Key words: aluminum alloy part; milling curing; cutting parameter

使用数控加工中心设备加工铝合金零件, 实现高效、高精度的数控加工, 是多种工艺条件之间相辅相成、综合作用的结果。这些工艺条件除了包括机床、刀具、夹具、附具甚至切削液等硬件因素之外, 还包括切削参数的选用、工序安排、零件结构特点的考虑、编程系统功能等软件因素, 此外还要考虑付出的加工成本, 忽略了任何一个因素, 都不能得到好的加工效果。硬件条件是基础, 但往往受客观条件的限制, 在必备的硬件条件基础上, 合理地安排利用软件条件, 才能达到需要的加工效果, 下面就使用数控加工中心设备加工铝合金零件的数控加工工艺方法进行探讨。

1 机床的选用

机床是加工过程中最基本、最重要的硬件条件, 机床的形式、特点、功能、精度等因素会直接影响到数控加工效率、成本及质量。不同结构形式的机床适合不同结构形式的零件加工, 在实际加工过程中, 必须根据具体的零件的结构特性, 选用相应类型的机床。

一般来说, 按机床大小、功能及形态分类, 可分为卧式加工中心、立式加工中心、立卧转换加工中心、龙门加工中心四大类。

收稿日期: 2010 - 08 - 15

作者简介: 周柏森(1970 -), 男, 高级工程师, 主要从事 CAD/CAM 精密制造技术研究。

1.1 卧式加工中心

卧式加工中心是主轴处于水平状态的加工中心,通常带有可编程的数控回转工作台.常见的是3个直线运动坐标加一个回转工作台运动坐标,既X、Y、Z、C 4个运动轴,可实现四轴联动,它能够使工件在一次装夹后完成多个侧面的加工,但不能与顶面和底面同时加工,也可作多个坐标的联合运动,以便加工复杂的空间曲面,适宜复杂的箱体类零件、泵体、阀体等零件的加工.有的卧式加工中心带有自动交换工作台,在对位于工作台上的工件进行加工的同时,可以对位于装卸位置工作台上的工件进行装卸,从而大大缩短辅助时间,提高加工效率.

1.2 立式加工中心

立式加工中心是指主轴轴线与工作台垂直设置的加工中心.一般具有3个直线运动坐标轴,既X、Y、Z轴,有的配置绕Z轴回转的可编程数控回转工作台,既C轴,有的配置绕X轴回转的可编程数控转轴,既A轴,这样可扩展成四轴、五轴机床,最少是实现三轴二联动,一般可实现三轴三联动,扩展后的机床可实现四轴四联动或五轴五联动,能够完成铣、镗削、钻削、攻螺纹和切削螺纹等工序,主要适用于加工板类、盘类、模具及小型壳体类复杂零件.

由于立式加工中心立柱高度是有限的,因此对箱体类工件加工范围要减少,这是立式加工中心的缺点,但立式加工中心工件装夹、定位方便,刀具运动轨迹易观察,调试程序检查测量方便,可及时发现,进行停机处理或修改,冷却条件易建立,切削液能直接到达刀具和加工表面,3个坐标轴与笛卡儿坐标系吻合,感觉直观与图样视角一致,切屑易排除和掉落,避免划伤加工过的表面.

1.3 龙门加工中心

与龙门铣床类似,龙门加工中心是指主轴轴线与工作台垂直设置的大型加工中心,龙门由一个横梁和2个立柱构成.一般加工范围在2m以上,适应于大型复杂的工件加工.

1.4 立卧转换加工中心

立卧转换加工中心同时具有立式加工中心和卧式加工中心的优点,一次装夹后可连续对五面体进行加工,相对于立式、卧式而言,可减少装卡次数,因此

是一种高性能、高效率的数控机床,深受很多用户的欢迎,加工范围一般在1m左右,但设备价格较高.

1.5 选用合适加工设备

每类机床有自己独特的加工特点,在对铝合金零件加工时,首先要根据零件的尺寸大小、结构特性,选择相应功能的机床进行加工,这样才能充分发挥机床自有的功能效率,取得最好的效果.

2 机床切削参数的选取

使用数控加工中心加工铝合金零件时,根据机床和切削刀具等设备条件合理确定主轴转速、切削速度、进给率等机床切削参数是关键环节,直接影响到零件的加工质量和刀具的利用率.

主轴转速与切削速度之间遵循下面的计算公式

$$n = \frac{1000 \times v_c}{\pi \times d} \quad (1)$$

其中: n 为主轴转速; v_c 为选定的切削速度; d 为工件或刀具直径.

既主轴转速是根据刀具-工件两者材料选定切削速度,再根据直径(车削为工件直径,铣削一般为铣刀直径)来计算.

由式(1)可知,机床的主轴转速由刀具的切削速度 V_c 与刀具直径来确定.

主轴转速 n 和刀具切削速度 V_c 是分别用来描述机床性能和刀具切削性能的两个重要的、客观存在的性能指标,这两个指标是随着时代、技术的发展而不断变化的.

2.1 主轴转速

主轴转速是机床的一个重要性能指标,每台机床的主轴转速是不同的,有着很大的差异.以能达到的最大转速能力来衡量,通常分为4000 r/min、8000 r/min、12000 r/min、24000 r/min、40000 r/min几个档次范围,现在有的小型加工中心的最高主轴转速甚至可以达到60000 r/min,目前我国绝大多数的小型加工中心的配置是4000 r/min、8000 r/min、12000 r/min这几个档次.

2.2 刀具的切削速度 V_c

每种刀具在切削不同材质的零件加工过程中,刀具的制造厂商会给出不同的推荐值范围,一般来说,被切削的材料硬度越低,则推荐值越高.

该指标由刀具自身直径大小、制造时采用的材质、自身结构设计水平及制造工艺水平、表面涂层技术等诸多制造条件决定,是刀具自身的性能指标,在使用刀具进行切削加工时,应按照厂商的推荐,合理地利用刀具,选择合适的切削速度,不仅有利于刀具的使用寿命,同时也会大大地提高加工效率。

加工铝合金时,综合考虑到刀具的成本、加工效率等因素,一般可采用高速钢材质或硬质合金材质的刀具,根据工作经验,推荐使用硬质合金刀具进行铝合金的铣削加工,可获得很好的加工质量和效率。

2.3 刀具的切削速度 V_c 与主轴转速

刀具商在提供刀具的时候,会给出刀具的2个切削性能参数,既 V_c (刀具的线速度,单位:m/min)和 f (刀具每转进给量,单位:mm/z),按照 $n = \frac{1000 \times v_c}{\pi \times d}$ 这个计算公式,由 V_c 可以算出刀具需要的主轴转速,根据计算结果并参照机床的最大转速能力,可选定加工零件时的主轴转速指标。例如:

刀具 $V_c = 220$ m/min, 刀具直径 $d = 20$ mm, $f =$

$$0.5 \text{ mm/z 则: 主轴转速 } n = \frac{1000 \times v_c}{\pi \times d} = \frac{1000 \times 300}{3.14 \times 20} = 3500 \text{ r/min}$$

确定主轴转速 n 后,由公式 $F = f \times n$ 计算进给率

$$F = f \times n = 3500 \times 0.5 = 1750 \text{ mm/min}$$

这样就得到了在数控编程时需要输入的进给率

$$F = 1750 \text{ mm/min}$$

既由 V_c 计算出 n , 由 n 、 f 计算出 F 。

3 常用的加工方法

使用数控加工中心加工铝合金零件,针对不同结构特点,应该采用不同的方法进行加工,如毛坯获得、装卡方式、编程方法等,下面就几种常用的加工方法进行探讨。

3.1 面板、盖类零件的数控加工

铝合金零件的加工中,经常会遇到面板、盖类结构零件,一般厚度在3~20 mm之间,对于这类零件,可采用如下的方法进行加工,如图1所示。

在装卡方法上采用压板压边的方法,零件毛坯预先留出压板压边余量5~8 mm,留出铣刀切断余量(依据选用切断铣刀直径),图1中两虚线之间为刀具直径余量,留出刀具和压板之间1~2 mm的间

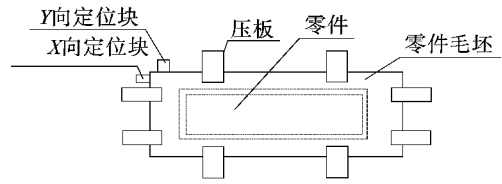


图1 压板加工外形示意图

隙余量。为保护工作台,零件的底部可加一块垫板,零件长边可增加压板数量,保证毛坯板料在加工过程中不产生抖动。

采用这种方式进行装卡,由于零件四周都被压板牢牢地压住,不仅确保在加工过程中零件相对位置保持不变,还可以省去毛坯外形的粗加工工序,使得零件内部形状与外形在一次装卡中完成加工,保证了零件的尺寸精度和位置精度。尤其是对外形带有圆角、倒角、斜边等形状的板类零件。

3.2 内部型腔的数控加工

内部型腔的数控加工是指不需要加工外型,只需加工内部型腔的数控加工。符合这种加工方式的这类零件的结构特点是存在一个或几个内部型腔,型腔的开口在结构体的一个面上或上下相对的2个面上,一般具有规则的长方形或圆形外形,且其外形可通过普通机床加工获得。

对于这类零件,只需在数控机床上加工内部型腔,而外形采用普通机床加工成方形或圆形坯料(可直接加工到图纸尺寸),这样做的目的是可以更加合理、有效地利用企业的工艺资源,在装卡上可采用平行钳或圆盘直接装卡毛坯外形。

因加工去料都在毛坯的内腔,为减少加工工序,节省周转时间,最好采用过中心的切削刃刀具进行加工,这样可以直接采用斜线或螺旋入刀方式,不用预先钻工艺孔。

3.3 外形与内部型腔的数控加工

外形与内部型腔的数控加工是指零件的外形和内部型腔需要在一次装卡的条件下同时进行的数控加工。该类零件的结构较只有内部型腔加工的零件类复杂,一般要求在数控机床上通过一次装卡,同时加工出复杂的型腔和外形,这样能够保证零件外形与内部型腔之间的相对精度的同时,减少装卡次数,提高加工效率。

零件的装卡要根据具体的结构特点装卡不同的位置,一般存在以下两种情况。

一种情况是零件的结构特点提供了可用于装卡的外形位置,如零件具有台阶类外形,或者只有部分外形需要进行数控加工,但仍然有可利用的外形进行装卡,这种情况下采用装卡外形的方式实现数控加工,毛坯外型可由普通机床加工得到。

另一种情况是零件的结构特点没有提供可用于装卡的外形位置,这种情况下,需要通过毛坯留出装卡余量,在进行完数控加工外形和腔体后去掉装卡余量。

3.4 不需开粗的曲面加工

对于有些曲面的数控加工,如果球刀可以直接从毛坯的外部切入曲面,那么可以省略使用平底刀层切的粗加工工序,利用球刀的侧刃,沿零件外形的方向走刀,渐渐地切入曲面,每个切入步距依照曲面光洁度要求进行调整,一般可选用 $0.1\sim 0.2\text{ mm}$ 的步距,进给率 F 可选 $5\ 000\text{ m/min}$ 左右,初始进刀的地方由于占用一个刀具半径的毛坯量,为避免较大的切削量,可通过数模的构造或编程软件进行调整,保证初始切入时侧刃切削量满足刀具强度要求。

采用这种方法加工曲面,要求曲面的高度差要小于球刀的有效切削侧刃高度。

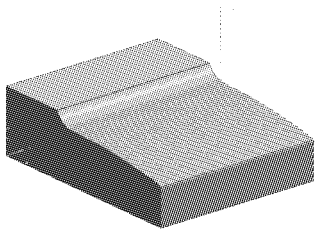


图2 曲面加工示意图

3.5 通过刀轨偏置实现多件加工

利用刀轨的偏置实现零件的多件加工,是提高加工效率的一种十分有效的方法,一般可通过2种方式实现。

一种是通过设置多个编程原点的方法来实现。既利用多个机床提供的偏置寄存器建立多个工件坐标系。例如可使用偏置寄存器G54记录一个原点、G55记录另一个原点,依次类推,在装卡工件时使用定位的方法,使工件的装卡位置与每个编程原点坐标系对应,或者是通过对刀得到每个工件的原点坐标值,再传递给G54、G55等偏置寄存器进行记录,这样可使用同一个数控程序,实现多个零件的加工。

另一种方法是使用同一个编程原点,利用机床

或编程软件的刀轨偏置功能(如偏移、镜像、旋转、复制等功能),生成多个位置的刀轨轨迹,由于刀轨是在编程系统中预先偏置生成的,因此要求在装卡工件时要保证工件在工作台上的实际偏置距离与编程中的偏置距离保持一致。

3.6 合理地利用及设计工装卡具

为能充分发挥数控加工中心的效率,或者是要保证精度要求,在有些情况下,必须进行装卡具的合理设计,配合加工中心,完成零件加工。

由于装卡具的设计、制造是一门复杂、专业的学科,并且与加工零件的结构特点、工艺安排密切结合在一起的,这里无法展开叙述,文中提到这点,是想说明在数控加工过程中合理地利用、设计装卡具的必要性,或者说它是加工过程中必须考虑的一个重要环节,必须要依据每个加工的具体特点给予考虑。

如某些铸件毛坯、局部尺寸已经到量的毛坯或者是具有薄壁的特征零件,在数控加工中心上进行数控加工时,为避免在装卡时产生的过量变形,常常需要自行设计内胎进行定位支撑。

在某些批量生产的条件下,通过自制工装卡具,或者是组合卡具,可提高零件的装卡精度和装卡效率,起到事半功倍的效果。

4 结束语

对于铝合金零件的数控加工,要实现高效、高精度加工的目的,需要多种工艺基础条件的支持,片面地强调某一种条件都是不能达到既定目的。在实际的加工实践中,必须依据企业自身的各种工艺基础条件,合理地安排加工工序,合理地使用机床、刀具、卡具、附具等工艺资源。只有这样,才能充分发挥数控机床的作用,实现高效、高精度加工。

参考文献

- [1] 马秋成. UG CAM 篇[M]. 北京:机械工业出版社, 2001.
- [2] 孟少农. 机械加工工艺手册[M]. 3版. 北京:机械工业出版社, 1992.
- [3] 李海泳, 张森棠, 赵明, 等. UG NX 数控加工技术[M]. 北京:清华大学出版社, 2006.
- [4] 上海市金属切削技术协会. 金属切削手册[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2001.
- [5] 刘东杰. UG 切削参数库的建立[C]//机械工程电子学会论文集. 北京:机械工程电子学会, 2005.