

大型整体镁合金铸件的数控加工技术

NC Machining Technology of Large Overall Magnesium Alloy Casting

中航工业沈阳飞机工业(集团)有限公司数控加工厂 马宁宇



马宁宇

工程师,现任中航工业沈阳飞机工业(集团)有限公司数控加工厂副科长,主要从事飞机结构件数控编程的研究工作,曾多次组织及参与重大专利课题的研究,其中《球锁快速换装系统的研究》获中航工业科技进步奖,对复杂锻件及大型铸件的数控加工有着资深经验。

当今数控加工技术已广泛地应用于机械制造业,并在航空工业系统得到更为广泛的应用。近年来,随着科学进步和发展,在制造领域,无论是在设备条件还是技术支持上都为数控加工技术发展提供了良好的发展空间。镁合金由于其本身重量轻、

通过对大型整体铸件的加工方式和工艺方法的研究,从铸件设计、铸件划线鉴定、铸件数控加工3个环节入手,分析出其关键点,对整体工艺流程进行设计,攻克大型整体铸件的数控加工难题。通过对大型整体镁合金铸件数控加工技术的研究,使铸件加工技术以先进的、可控的加工方式代替传统作坊式的加工方式,真正实现了铸件数控加工的优质高效。

工艺性好、便于切削性等特点,广泛应用于飞机的操纵系统。而镁合金在铸造过程大部分依旧采用的是砂型铸件的传统方式,由于铸造的公差大以及铸造基准的偏差给数控加工带来了很大的困难,由于ZM5材料强度低、耐蚀性差、燃点较低等特点,加工过程中需要进行工艺控制。

零件工艺分析

1 零件简介

该零件(见图1)外廓尺寸为700mm×620mm×400mm。

2 材料特性

该零件材料为ZM5 T4,来料为最终热处理状态。铸件一般公差等级为CT10。其特点为:

(1)材料强度低,易切削,刀具

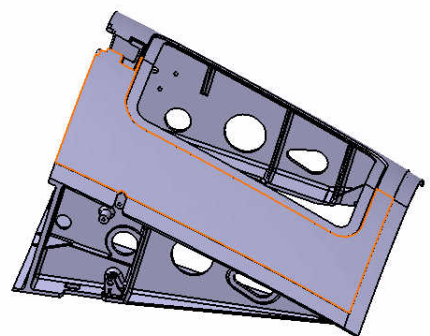


图1 零件轮廓

磨损量小,但刀具必须选择正确的几何尺寸,保证刀具切削刃锋利,以避免产生很大的摩擦力引起镁屑燃烧。若镁合金发生燃烧时,应立即切断电源,并用沙子灭火,禁止用水和泡沫灭火器灭火。

(2)镁的化学活性较强,易氧化,

其耐蚀性较低,机加周期不能过长。

(3)加工过程中尽量不采用冷却液,如必须采用时,应用矿物油冷却,冷却油不应含有酸水,不得使用油水混合冷却液。

(4)零件作标记及划线时严禁使用石墨铅笔,可以用无石墨彩色铅笔或粉笔。

3 零件的加工难点

(1)尺寸精度难保证。

由于该零件的尺寸大且结构复杂,同时需要保证外形曲面的精度和曲率;内型腔的两个腹板表面平面度要求不大于0.1;内型腔有4处深槽,最深处为95mm,如何选择刀具保证零件尺寸也是需要考虑的;再加上零件毛坯为砂型铸件,铸件加工的难点是铸造不准确造成的余量不均匀,从而导致加工中需要协调加工余量,给零件的机加过程造成了极大的困难。

(2)加工方案难制定。

零件类似一个贝壳,除两侧的内形不加工以外其余都是机加表面。从加工方案上看零件的整体结构复杂,无定位基准。如何装夹定位,更好的保证零件各机加表面的位置关系和精度,加工工序的前后顺序的安排都是需要深入研究的。

(3)数控编程难度大。

如上所述零件的结构复杂,需要在五坐标机床上编程加工。一方面,零件的框架结构使得加工工艺性变差;另一方面,由于数控机床的结构、行程限制,对刀具的摆角、进退刀、加工策略等都有着特别的限制和要求。

加工方案制定

1 零件工艺性分析

(1)加工基准的确定。

对于任何机加零件,工艺方案制定的合理与否直接决定了加工的成败,其中确定加工基准是最为关键的环节。零件有一处大的平面即D面,

D面为装配定位基准,由于D面为加工表面,B面为非加工表面,据此确定零件的其中一个方向(Z向)的机械加工基准为此平面,因此对铸件供应单位提出此平面为铸件基准;但考虑到此平面面积较小,定位不准,因此,要求铸件将此平面加大并铸出辅助定位凸台,直至零件其余部分加工完毕,再去多余部分,保证了定位的准确与稳定。A基准为零件宽度方向的中心线,所以在粗加工过程中的在A基准定义为另一方向(Y向)基准。而零件X向机加基准定为C面。根据零件机加基准向铸件生产厂提出铸件的相应基准,并需要在铸件出厂前将A、B、C3个基准通过划线的方式体现在毛料上。

(2)工艺方案的制定。

工艺方案的制定需要考虑降低零件加工中的应力变形,减少因侧弯和翘曲变形引起的零件质量问题;采用合理的定位方式,保持加工状态的稳定,减小由于重复装夹形成的累计误差;合理地选择加工参数,在加工效率与零件质量之间找到一个平衡点。

此零件工艺方案的制定除了考虑保证曲面和孔的相对位置外,还要保证其他的每一个尺寸,而毛料为砂型铸件,有很大的不稳定性,需协调余量,零件不可能一次加工到位。因此,工艺流程分为粗加工、半精加工和精加工。其中粗加工和半精加工不只是去除大余量,更重要的是根据加工后的尺寸与最后尺寸作为比较,

协调余量,以在精加工之前确定出准确的加工基准。由于零件上无定位基准,在毛料上做出了辅助工艺凸台对零件进行支撑,通过基准线找出铸件的粗原点后在工艺凸台上钻出工艺孔,方便零件的拉直找正。

基于该思路制定出如下加工路线:钳工打磨基准面—以铸件的铸造基准定位划线检查各部位余量是否均匀—按基准打平面—粗加工带槽面制出基准孔—翻面粗加工零件型面和侧面—精加工带槽面—测量型面—翻面精加工零件型面侧面钻孔—测量型面孔位—钳工修整—荧光检查—表面处理—移交。

2 定位、装夹方案的选择

根据此零件特点,共设计了两套工装。由于零件结构性,加工内行腔时由于零件型面向机床工作台,设计工装时必须将垫起足够的高度,保证零件的正常装夹和加工。加工型面时机床摆角90°加工,由于主轴端面到机床工作台有保护功能,故此面工装在设计时也要考虑将零件垫起,同时还需考虑到机床的Z向行程不能超程,所以必须对机床充分了解后才能将此工装定型。由于每批铸件状态不尽相同,且定位基准为铸件表面,所以在设计工装时,不但要考虑零件的结构、定位基准和装夹的牢固性,而且在两侧选用带有可调整的定位块,以利于依铸件不同状态调整定位面位置。图2为此零件加工中使用的工装。

3 机床的选择

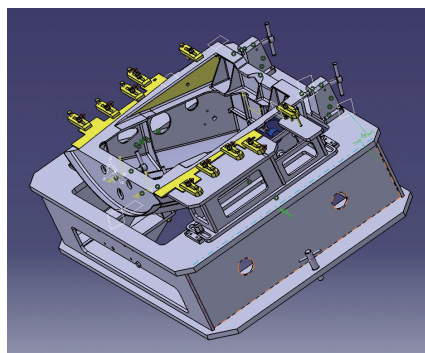
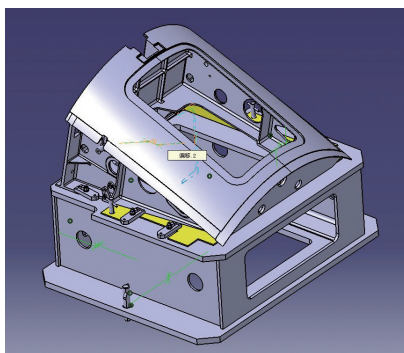


图2 加工零件时使用的工装

根据零件外廓尺寸及结构特点确定了零件必须采用五坐标加工,适合加工的机床共有3台,分别是ZIMMERN五坐标铣床、UNISPEED3/VH五坐标立式加工中心和ALPHA1000M五坐标卧式铣床。表1对3台机床工作台的大小、各个方向行程和摆角形式及范围进

根据零件不同地方的结构特点选择不同的加工策略:

(1)加工型面时采用Multi-Axis Sweeping进行编制,用该指令主要目的是为了解决定摆角行切效率低下的问题。刀具进给方向的选择,在同一数控程序中要考虑到尽量减小刀具进给过程中的角度变化,增加切削

切削,为的是充分释放应力,减小零件变形,精加工时保证了加工的精确度,内形腹板与内形大角度面连接处,直接加工到位,程序在细节上保证了连接过渡的光滑,无需后续对转角补加工^[2]。

5 刀具的选择

由于镁合金材料强度低、易切削,刀具磨损量小,刀具尺寸必须保证精确,刀刃要求锋利,故选取齿数少、大前角、较大后角及螺旋角较大的铣刀。粗加工切深和切宽比精加工要大;而精加工为了获取较好的表面质量,进给和转速要比粗加工高一些。因为ZIMMERN五坐标铣床是高速铣,使用的整体合金高速铣刀正好符合加工镁合金零件的要求。在实际加工中对切削参数进行了优化,达到了理想的切削效果(见表2)。

6 加工程序的仿真

该零件的外部轮廓尺寸为700mm×620mm×400mm,使用机床的X、Y、Z轴行程

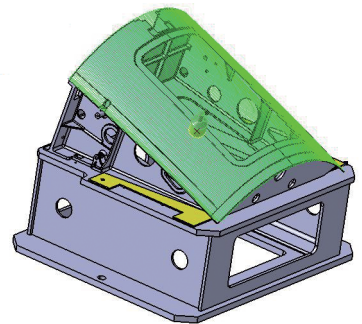


图3 加工型面轨迹简图

行了对比。

在整个加工过程中使用两套工装加工零件,工装的长宽尺寸为820mm×700mm。从表1分析可以看出,UNISPEED3/VH五坐标立式加工中心工作台在加工零件的过程中不能将两套工装同时放于工作台上,频繁地更换工装将会影响其加工效率和加工周期。而ALPHA1000M五坐标卧式铣床虽然其工作台也很小,但由于此机床为卧式铣床,如零件在卧式机床上加工,可将立卧转换平台卸下,然后,使用一套可调工装来加工此零件,在加工零件型面和侧面时可以在一个工位下通过机床平台的旋转完成加工零件的4面和型面。此方案虽然很好,但是考虑到铸件的余量和原点需要频繁地协调,选用卧式机床加工在协调原点和测量方面都非常不方便,所以最终选择了ZIMMERN五坐标铣床对零件进行加工^[1]。

4 数控程序的编制

在用CATIA编制程序时重点关注零件材料特性、机床特点及工装的装夹定位夹紧方式,综上给出合理的加工策略、刀具尺寸、程序参数、刀具摆角和进退刀方式。

的平稳性,保证零件表面质量。切削型面用非球头刀具时,刀具摆角在保证不超机床行程、不与机床及工装干涉的情况下,尽可能的使刀轴与零件被加工表面的法向一致,减少排刀密度,提高切削效率;而选用球刀时,刀具摆角尽量使球的最大半径处与零件被加工面接触。而进退刀的方式,同样不能超机床行程、不与机床及工装干涉一般选择5°直线进退刀(见图3)。

(2)在加工深槽时粗加工采用Sweep Roughing进行编制,用该指令主要是为了保证加工槽口分层加工时层与层之间余量均匀,最终精加工是不会产生余量不均的情况,如图5所示。

在编程方法上采用粗加工分层

表1 机床相关参数对比

项目	ZIMMERN 五坐标铣床	UNISPEED3/VH 五坐标立式加工中心	ALPHA1000M 五坐标卧式铣床
工作台参数/mm	3000×8000	1800×1200	1000×1000
行程/mm	8000×3000×1000	2000×1200×1400	1600×1600×2000
摆角形式	A C	A C	A B
角度范围/(°)	±110 ±360	±100 360	±91 360

表2 粗精加工选用的刀具参数

被加工部位	刀具直径	转数 / (r·min ⁻¹)	进给速度 / (mm·min ⁻¹)	切削深度 /mm	切削宽度 /mm
(粗)型面	φ50R3	12000	7500	2	5
(精)下腹板面	φ30R3	12000	6000	2	24
(粗)型面外形	φ20R0	15000	8000	2	4
(精)型面下陷	φ20R3	15000	8000	2	3
(精)侧面	φ20R6	15000	8000	2	8

为 8000mm × 3000mm × 1000mm, A 摆角为 -100° ~ +100°, C 摆角为 -360° ~ +360°, 使用的工装为 820mm × 700mm × 300mm, 表面上机床的加工行程能够加工该零件, 但是由于零件的型面角度变化较大, 导致零件在实际加工中部分位置加工时超程。对于超程的部位, VERICUT 软件在系统注释区内有相关提示(见图 4), 通过相关手段, 能够检查到超程的程序名称及部位。如果选中 STOP AT MAX ERRORS 选项, 则发生超程后, 仿真过程会停止, 等待处理。

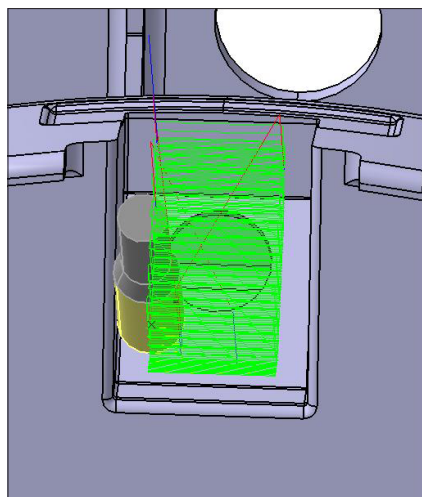


图4 加工深槽轨迹简图

当加工中发生机床与工装、零件产生干涉现象时, 系统会提示出某个轴发生干涉现象, 同时, 该轴以红色显示, 如果选中 STOP AT MAX ERRORS 选项, 则发生干涉后, 仿真过程会停止, 等待处理。

综上, VERICUT 可同时加载毛料模型和设计模型信息, 所以经过仿真切削后, 过切和残余检查的结果很直观反映到大家面前, 能够很清晰地掌握零件程序编制的质量。程序编制完毕后, 为了准确的反映零件的加工情况, 将实地测量相关的机床、工装、刀具及毛料的一些数据导入到仿真软件 VERICUT 中进行演示, 根据演示结果不断的调整, 将所有问题在零件加工前充分地暴露并解决掉, 最

终保证程序不但不切伤零件、不留残留, 而且不与工装、机床干涉、不超机床行程; 并将工装在机床上的位置于规程中明确标示出, 做到最大限度的减少工人装夹次数。图 5 为机床超程提示界面。

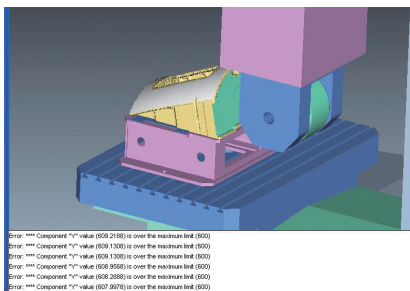


图5 机床超程提示界面

加工中问题及解决方法

零件两面的粗加工主要是为了加工余量的协调确定最终的原点, 在这个零件中原点协调方案是:

在加工带槽面(见图 6)时 Z 向基准是工艺凸台背面的铸造表面, 即使是钳工修整也达不到零件加工的

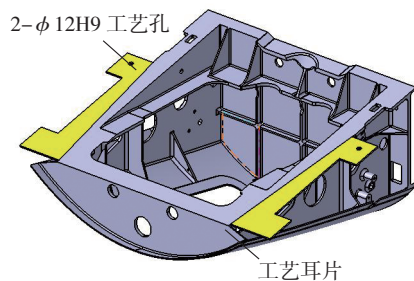
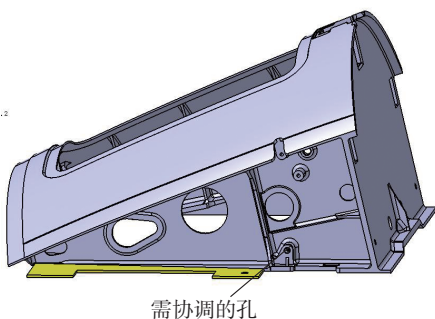


图6 加工带槽面

定位精度要求, 在零件上工装后观察零件自然状态是否符合定位要求, 如不符合需要用铝箔将零件垫平来保证加工基准与毛料的重合; 将零件压紧后 X、Y 方向的基准线用划针找出零件的粗原点, 并将 2-φ 12H9 工艺孔制出, 协调此面各个位置的尺寸。

翻面加工时, 以之前机加过的底面(图 6 中黄色部分)和 2-φ 12H9 工艺孔定位, 先粗加工型面, 在单编程序协调侧面的几个孔和右侧端头

的大平面(图 6), 整体协调后如毛料尺寸符合要求则最终确定加工原点用于后续加工。如果此毛料不符合也可以通过此方法鉴定出来, 这样即使是铸件毛料不合格也不用把零件加工出来之后才暴露出来。由于第一面基准面是通过垫平的方式满足加工要求的, 所以翻面加工确定原点, 将毛料确定 Z 向的基准面在保证零件厚度的情况下加工至见光即可, 这样做的目的是在下道工序再翻面加工时无需用铝箔垫平, 节省了装夹的时间。

结论

通过对大型整体铸件的加工方式和工艺方法的研究, 从铸件设计、铸件划线鉴定、铸件数控加工 3 个环节入手, 分析出其关键点, 对整体工艺流程进行设计, 攻克大型整体铸件的数控加工难题。铸件的数控加工, 不是单纯的数控加工过程, 而是热工艺和冷工艺有效结合的复杂交错

过程, 是一个多元化、多专业的流程。通过对大型整体镁合金铸件数控加工技术的研究, 使铸件加工技术以先进的、可控的加工方式代替传统作坊式的加工方式, 真正实现了铸件数控加工的优质高效。

参考文献

- [1] 王志平. 机床数控技术应用. 沈阳: 高等教育出版社, 1998: 24-26.
- [2] 王爱玲, 孙旭东. 数控技术. 北京: 机械工业出版社, 2006: 69-73.

(责编 深蓝)