# 手表外壳模型零件的数控铣削加工研究

郭士增

( 鹿寨职业教育中心 广西 柳州 545600 )

摘要:本文选用手表外壳模型零件作为数控铣削加工的研究对象。此零件不仅是某次比赛的竞赛试题,而且其工艺复杂、代表性强、比较典型。以此零件为例,研究其数控铣削加工工艺与实际操作加工,提出数控铣削加工中的加工工艺路线确定原则,选择要点及数控铣削加工工艺设计的方法,以保证加工质量、提高加工效率。

关键词: CAD/CAM 计算机软件; 自动编程; 数控铣削; 加工工艺; 刀具; 切削参数

# 0 引言

零件的数控加工工艺分析是数控加工中最重要而又 极其复杂的环节,也是数控加工工艺方案设计的核心 工作,必须在数控加工方案制定前完成。一个合格的 数控技术应用高手对数控机床及其控制系统的功能和 特点,以及影响数控加工的每个环节都要有一个清晰、 全面地了解,这样才能避免由于工艺方案考虑不周而 可能出现的问题。全面合理的数控加工工艺分析是提 高数控加工质量的重要保障。

在数控加工中,从零件的设计图纸到零件成品合格完成,不仅要考虑数控程序的编制,还要考虑诸如零件加工工艺路线的安排、加工机床的选择、切削刀具的选择、零件加工中的定位装夹等一系列因素的影响,在使用 CAD/CAM 计算机软件自动编程之前,必须要对零件图纸和技术要求进行详细的数控加工工艺分析,以确定哪些是零件的技术关键,哪些是数控加工的难点,以及数控程序编制的难易程度。

零件工艺性分析是数控加工规划的第一步,同时,在此基础上,也要确定零件数控加工所需的数控机床、加工刀具、工艺装备、切削参数、数控加工工艺路线,从而获得最佳的加工工艺方案,最终满足零件工程图纸和有关技术文件的要求。本文就以手机外壳模型零件数控铣削加工为例来具体研究其数控加工工艺、自动编程和实际的加工步骤。

# 1 数控加工工艺

#### 1.1 零件图纸分析

如图 1 所示的零件图,零件是技能竞赛题目,尽管 是单件,但是需要正反两方面加工,而且它具有复杂的 曲面、内腔、薄壁、小凸台、孔加工以及严格的尺寸公差、 形状位置公差和较高的粗糙度要求,而且时间短、题 量大、质量要求高。特别是对于手表外壳曲面以及薄壁椭圆倒半圆球圆角的加工难度最大。所以要求加工者对工艺安排要非常合理,且对数控机床的使用、计算机 CAD/CAM 自动编程要相当熟练。

#### 1.2 加工准备

根据零件图纸的要求,选用数控铣床1台,以及装有 CAXA 制造工程师自动编程软件并能传输程序的电脑1台。毛坯材料是120mm×80mm×30mm的铝合金方块料。还需要装夹所用的虎钳、标准垫铁。根据加工要求所用的刀具、量具、刀柄、扳手等。

#### 1.3 确定零件的装夹方案

因为手表外壳模型零件是单件且是方块料,所以要考虑采用高精度的虎钳装夹即可。但是此零件要求正反两面加工,这就提出了更高的装夹要求——要有标准的垫铁才能保证零件的高度尺寸。

# 1.4 加工刀具的选择

刀具的选择是数控铣削加工工艺的重要内容之一,它不仅影响加工的效率,而且直接影响零件的加工质量。因此,在选用刀具时既要考虑机床的加工能力、加工的内容,还要考虑加工零件的材料。本次加工材料为 LY12 铝合金料,加工要求较高,所以尽量选用铣铝专用硬质合金类刀具。具体所用刀具如下:

- (1) 平面铣削用 D20 镶硬质合金刀片圆鼻刀;
- (2) 外轮廓粗 / 精加工用 D12 硬质合金立铣刀;
- (3) 内腔铣削加工用 D6 硬质合金立铣刀;
- (4) 钻孔加工用 D7.8 钻头;
- (5) 铰孔加工用 D8H7 标准铰刀;
- (6) 曲面、清根加工用 D8r4、D6r3 球头刀。

# 1.5 数控铣削加工路线

合理的加工路线也是铣削加工工艺的重要因素,不 但可以解决装夹问题,同时也可以减少换刀步骤,提高 加工效率,起到事半功倍的效果。此零件的加工要考

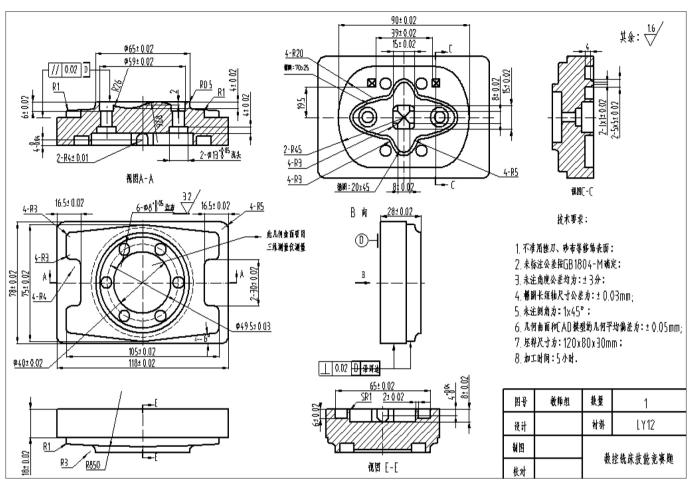


图 1 零件图

虑加工的先后顺序,才能解决装夹、加工、换刀等问题。 其具体加工路线如下。

# 1.5.1 带有椭圆的内腔面加工

用 D20 的圆鼻刀铣平面  $\rightarrow$  用 D7.8 的钻头钻 6 个 孔  $\rightarrow$  用 D8H7 的标准铰刀铰孔  $\rightarrow$  用 D12 的立铣刀粗 / 精 铣 削 118mm  $\times$  78mm 深 度 约 19mm 的 外 轮 廓  $\rightarrow$  用 D6 的立铣刀粗、精铣削 90mm  $\times$  65mm 的内腔、2 个 5mm  $\times$  5mm 的小凸台、2mm 宽的椭圆薄壁、2 个  $\phi$  13 的沉头孔和 15mm  $\times$  15mm 的小凸台以及粗加工 15mm  $\times$  15mm 小凸台中间的曲面  $\rightarrow$  用 D8r4 的球头铣刀精加工 15mm  $\times$  15mm 小凸台中间的曲面  $\rightarrow$  用 D6r3 的球头铣刀精加工 2 个 5mm  $\times$  5mm 小凸台上面的倒角和椭圆薄壁上 SR1 的半圆球。

# 1.5.2 带有手表外壳面加工

用 D20 的圆鼻刀铣平面,保证 28mm 高度尺寸→用 D6 的立铣刀粗、精铣削 105mm × 75mm 的手表外壳轮廓、 $\phi$  65mm 内腔轮廓和  $\phi$  59mm 凸台外轮廓以及手表外壳和  $\phi$  59mm 凸台上面的曲面粗加工→用 D6r3 的球头铣刀精加工手表外壳和  $\phi$  59mm 凸台上面的曲面以及 R1、R3、R0.5 的倒圆角,另外还要对 R3 的倒圆角进行清根加工。

#### 1.6 切削用量的确定

对于不同的刀具、加工方法,需要选用不同的切削用量。合理选用切削用量的原则是:数控机床讲求"轻车快走",也就是说,背吃刀量小一点,进给速度快一点,一样可以提高加工效率甚至更快。粗加工时,一般以提高加工效率为主,但也应该考虑刀具、材料和机床性能;半精加工和精加工时,一般应在保证加工质量的前提下,兼顾切削效率。具体选用数值应该根据机床性能、刀具切削用量手册,并结合实际加工而定。此次加工的切削用量如表所示。

# 2 自动编程

CAD/CAM 工业软件的应用发展,大大提高了数控加工效率。要在最短的时间内完成本零件的加工,就必须采用计算机自动编程、程序传输来辅助完成。现就以 CAXA 制造工程师软件为例进行自动编程介绍如下。

# 2.1 建立工件模型

利用 CAXA2013 制造工程师软件 CAD 功能建立好工件模型,如图 2 和图 3 所示的实体模型图。建模时一定要注意建模坐标系的选择和建立。

保证建模坐标系和对刀时的工件坐标系一致,因

#### 表切削用量统计表

序号	加工内容	刀具规格 /mm	主轴转速 /(r/min)	切削速度 /(mm/min)	被吃刀量 a/mm
1	平面加工	D20	1000 ~ 1500	300 ~ 800	0.5 ~ 1
2	轮廓粗加工	D12	1200 ~ 2000	300 ~ 800	1 ~ 3
		D6	1500 ~ 2500	300 ~ 800	1 ~ 2
3	轮廓精加工	D12	1500 ~ 2000	400 ~ 800	8 ~ 12
		D6	2000 ~ 3000	400 ~ 800	4 ~ 8
4	曲面粗加工	D6	1500 ~ 2500	300 ~ 800	0.5 ~ 1
5	曲面精加工	D8r4	1800 ~ 3000	400 ~ 800	0.1 ~ 0.3
		D6r3	2000 ~ 3000	400 ~ 800	0.1 ~ 0.3
6	钻孔	D7.8	1000 ~ 1500	60 ~ 100	_
7	铰孔	D8	100 ~ 200	30 ~ 60	_
8	清根	D6r3	2000 ~ 3000	400 ~ 800	0.1 ~ 0.3

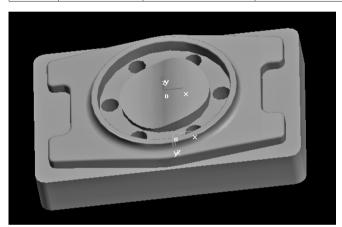


图 2 外壳面实体模型图

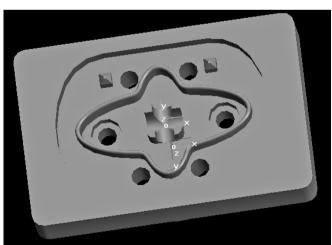


图 3 内腔面实体模型图

为建模的坐标系就是编程坐标系。当然,为了提高加工效率,加工时不要求全部建立实体。比如,铣削内、外轮廓时只要能画出轮廓线也能进行自动编程出程序,那就没必要做出完整的实体模型而浪费比赛时间。曲面加工则要求建立实体模或者曲面才能进行加工,所

以要求建立实体模型或者曲面。

#### 2.2 定义模型毛坯

定义模型毛坯可以参照已经建立好的工件模型,并 根据实际毛坯尺寸设置模型毛坯的基准点、长、宽、高 数值,便于后面自动编程与模拟仿真演示。

# 2.3 加工方式选用

根据加工内容不同,选用不同的加工方式。比如: 平面铣削要采用"平面区域粗加工"的方式;2D轮廓铣削采用"平面轮廓精加工"方式进行分层开粗和精加工;钻孔或铰孔时选用"孔加工"方式钻孔加工;曲面铣削采用"等高线粗加工"方式进行分层开粗,采用"参数线精加工"方式或者"曲面精加工"方式进行精加工;内轮廓铣削则用到"平面区域粗加工"分层开粗,再选择"平面轮廓精加工"方式精加工内轮廓或者内腔里的小凸台。

# 2.4 参数设置

对于软件内的各项参数(刀具参数、下刀方式、切入切出方式、加工参数、加工边界、切削用量等)设置非常复杂,有的是选项,有的则需要手动输入,这就需要在自动编程的时候要特别细心,并不断尝试得出最优的切削效果。

#### 2.5 选用刀具

根据加工工艺安排与加工内容选用不同的刀具。选用的刀具可以从刀具库里选取已经设置好的刀具,也可以边加工边设置。这里要特别强调选取刀具一定要与实际安装的刀具一致,否则,选用刀具错误可能导致"过切"或者撞刀情况。

# 2.6 刀路轨迹仿真

通过刀路轨迹仿真功能来检测刀路是否合理、是否 会发生碰撞等问题,并进一步通过修改加工参数来优 化切削效果。

#### 2.7 生成 G 代码

将加工软件生成的刀路轨迹转化为数控机床能够识别的 G 代码就需要掌握后置处理设置,通过后置处理设置与数控机床系统相对应的程序起始符、程序结束符、程序头、换刀、程序尾、常用指令等,使生成的 G 代码程序可以直接应用于数控机床机床加工,同时也能让操作人员看得懂。

# 3 机床加工操作

开机回零操作,并对数铣机床"热身"检查,MDI 方式下启动主轴,手动方式下移动工作台,看一看机 床是否运行正常。比如,润滑油、冷却液是否充足, 有没有气压供应换刀等。切不可一上来就忙着去加工。 操作步骤如下。

- (1) 装夹毛坯料,并检查装夹是否牢固,是否够余量加工。
- (2)选刀,装刀,并检查刀具是否夹紧,避免拉刀(也就是刀具在高速旋转加工过程中从刀柄内脱落)情况。同时也要检查刀具从刀柄伸出来的长度能否完全加工毛环材料,且在加工过程中不会发生干涉。
- (3)建立工件坐标系,也就是平时所说的对刀操作。并进行自检,看对刀是否正确,以免发生碰撞事故。
- (4)程序传输,把自动编程所得程序利用传输软件 传入机床。
- (5)自动运行加工。每加工完一道工序要及时检测 尺寸,直至加工完成,全面检测合格后方可卸下零件, 避免二次装夹影响零件精度。
- (6) 最后整理机床——清理铁屑,工/量具归位, 搞好卫生。把机床工作台移回中间位置放置再关机。
  - (7) 对零件手工去毛刺后上交。

# 4 注意事项

(1) 安全第一,机械加工有一定的危险性,要求操作者要严格按照《数控铣床的操作规程》有序地进行

操作、加工。

- (2) 工件、刀具装夹一定要牢靠,切不可急功近利, 忙中出错。
- (3) 加工之前要检查,程序要进行模拟加工,以避免撞刀、加工错误等。
- (4) 加工过程中可能要手工换刀,还要不断对刀、传输程序。因此,对于操作者的体力和脑力都是很大的考验,这就要求操作者必须胆大心细。
- (5) 为了便于对刀和保证位置精度,两面加工的零件一定要有一个统一的基准。

# 5 结语

本文以手表外壳模型零件数控铣削加工为例,分析 并讨论了数控铣削加工工艺规程中遇到的问题,为更 多学习、应用数控技术加工的人们提供一定的参考和 帮助。

基金项目: 2021 年度广西职业教育教学改革研究一般项目: 液压与气动课程立体资源库的建设实践(项目编号: GXZZJG2021B249)。

# 参考文献:

- [1] 陆剑中, 孙家宁. 金属切削原理与刀具 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [2] 罗军,杨国安. CAXA 制造工程师项目教程 [M]. 北京: 机械工业出版社,2010.
- [3] 张方阳. 数控铣床/加工中心编程与加工 [M]. 北京:清华大学出版社,2010.
- [4]徐鸿本,姜全新.铣削工艺手册[M].北京:机械工业出版社,2012.

作者简介: 郭士增(1983.12-),男,汉族,河南泌阳人,本科,讲师,研究方向: 数控加工、工业机器人加工、实训教学。