

# 环形气瓶进气阀阀体五轴联动数控加工

李立新

(上海航天动力机械研究所, 上海 200233)

**摘 要:** 着重讲述五轴联动加工特定复杂曲面时的解决办法。五轴加工中心都有一定的结构, 后置处理软件在有些情况下考虑不到某些零件的复杂结构和加工状况, 这就需要对零件、机床及 CAM 软件具体问题做具体分析, 进行程序的后置处理。

**关键词:** 五轴联动; 后置处理; 计算机辅助制造

**中图分类号:** V46

**文献标识码:** B

**文章编号:** (2005)06-0042-03

## NC machining on inlet valve of ringed gas container

Li Lixin

(Shanghai Institute of Space Propulsion, Shanghai 200233, China)

**Abstract:** Five-axis machining on special blended surfaces requires some considerations. Each five-axis machining centre has its own characteristic structure. We can not solve all the problems through post procession while some problems are beyond post processor's functions. We need to analysis the structure of the workpiece, the condition of the machining center and the functions of the CAM software. We should consider the workpiece, the machine and the CAD/CAM software altogether, and then use the post-processor to generate the right NC programs.

**Key words:** five-axis machining; post process; CAM

### 1 引言

科研生产中的数控加工程序, 普通零件一般通过手工编程或简单的计算机编程即可实现, 然而对于一些含有复杂曲面和复杂结构的零件的数

控加工, 必须依靠计算机辅助制造技术, 进行五轴联动加工, 充分发挥五轴机床独特的功能优势, 才能加工出合格的产品。图 1 是我所某预研产品中的零件, 贴合面和外表面是要加工的两个复杂曲面, 由于这两个复杂曲面不能通过简单的车削或铣削来加工, 曲面是由 R94 和 r17.49 (形成贴

收稿日期: 2005-09-12; 修回日期: 2005-10-25。

作者简介: 李立新 (1974—) 男, 工程师, 研究领域为数控编程、数控加工工艺及 CAD/CAM 一体化研究。

合面)或 $r19.49$ (形成外表面)所回转的曲面复合而成,贴合面和外表面如图1所示。贴合面是焊接时进气阀阀体和环形气瓶表面相贴合的表面,外表面是焊接后露在外面的表面。

## 2 进气阀阀体零件材料、结构和加工要求

该零件材料用的是 TC4, 热处理后机械加工性尚可, 但需用硬质合金刀具加工, 慢速快走刀并充分冷却。要使贴合面必须和轮胎状环形气瓶

的表面密切贴合, 实现较高的焊接质量, 并使焊接后整个气瓶表面整洁、美观, 这就需要有较高的加工精度, 使贴合面和外表面的轮廓度较小。贴合面和外表面之间沿小半径方向的距离恒定为 $2\pm0.05$ , 贴合面的表面粗糙度要求  $Ra3.2$ 。由于轮廓度的测量比较困难, 需要通过加工后实物之间的配合来测量。

外表面和贴合面之间的距离设计要求为 $2\pm0.5$ 。图2显示了进气阀阀体和轮胎状气瓶焊接后的状态, 只有进气阀阀体的贴合面和轮胎状气瓶表面密切贴合, 才能确保焊接后的质量。

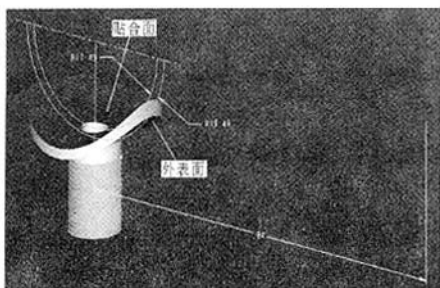


图1 外表面和贴合面

Fig.1 Outer surface and joint surface

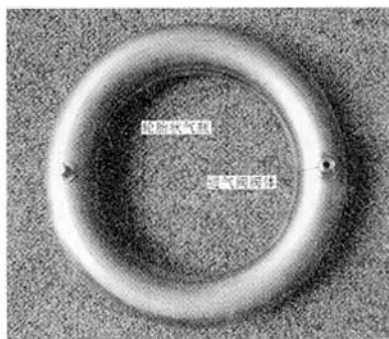


图2 环形气瓶

Fig.2 Ringed gas container

## 3 进气阀阀体加工方案的确定

用 TC4 钛棒经热处理, 在数控车床上将管嘴螺纹车出, 将阀体的外表面铣出, 最后用螺纹衬套夹紧螺纹, 最后加工出贴合面, 为了保证贴合面有较好的轮廓度, 贴合面必须留有少量余量, 最后精加工。根据此阀体的曲面结构, 应选用硬质合金球头刀具将曲面铣出, 经计算, 铣削的步距定为 0.2。三爪卡盘的中心定位精度较高, 在铣削阀体外表面时, 用三爪卡盘夹外圆, 三轴或五轴联动加工外表面, 如用三轴联动加工, 由于管嘴螺纹已经加工好, 在切削过程中, 切削容易碰伤管嘴螺纹表面, 不利于加工, 只能采用五轴联动加工。采用五轴联动加工, 使球头刀的轴线处处和零件表面垂直, 避免了切削刮伤管嘴表面, 五轴联动加工中刀具可伸入在螺纹和外表面之间的退刀槽进行加工并清根, 保持零件结构合理、

美观。

## 4 五轴联动后处理方案的制定

外表面和贴合面的加工过程为: 在管嘴、内孔、螺纹及退刀槽加工完成后, 三爪卡盘夹外圆先用五轴联动加工外表面, 外表面加工完成后, 螺纹衬套夹螺纹, 三轴加工贴合面。

### 4.1 阀体外表面的五轴联动加工后处理方案及注意事项

我所的 Willemin W402 五轴加工中心的五根轴为 X, Y, Z, B, C。由于进气阀阀体较小, X, Y, Z, C 轴的机床行程都能够满足加工的要求, 但 B 轴的摆动范围为  $0\sim90^\circ$ , 在机床的后处理器选配文件生成器的机床类型中选择 5-Axis Rotary Table/Rotary Axis, Rotary Head 页面选择 Rotary about Y-axis, nutator angle 为  $90^\circ$ , 根据机床控制系统的 NC 代码格式, 在 Fil 文件编辑器中编写相

应的机床接口文件处理程序。五轴联动加工时, Pro/E 的 CAM 软件对整个外表面后置处理中会忽略管嘴的存在, 在零界线处生成错误的 NC 代码, 在刀具加工至临界线处时, 机床执行 NC 代码时会产生不确定的刀具运动, 从而铣坏管嘴。为了验证此结论, 我们用铝合金作为试验件进行加工。首先对整个外表面进行整体后置处理, 在选择外表面进行处理时, 系统通过后处理器生成的 NC 代码输入机床进行模拟并加工, 在刀具加工至零界线处, 降低进给倍率进行加工, 仔细观察刀具的运动, 发现机床在执行代码时, 忽略了管嘴的存在, 碰坏了管嘴。

因此, 可采用沿外表面最高处的圆弧线分割成左右两半, 图 3 为外表面右半部的一部分刀具加工轨迹, 加上退刀槽下部的圆角清根刀具轨迹, 构成右半部完整的刀具轨迹, 在 Pro/NC 模块中形成右半部加工的 CL 刀位数据文件。左右刀位数据文件各自单独利用机床后置处理器进行后置处理, 分别生成两个独立的 NC 数控加工程序, 将两个独立的数控加工程序合并, 从而得到我们所需的五轴联动数控加工程序, 这样刀具不会在零界线处出现异常运动, 碰坏管嘴。

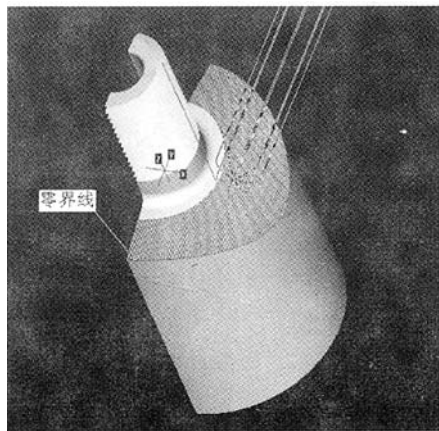


图 3 外表面的右半部

Fig.3 The right part of the outer surface

#### 4.2 贴合面的三轴联动加工

由于贴合面直接和轮胎状气瓶表面贴合, 其轮廓度的好坏直接影响到焊接质量, 所以贴合面

最后加工。贴合面由于没有管嘴的存在, 既可采用五轴联动加工, 也可采用三轴联动加工, 由于三轴联动比五轴联动编程简单, 故采用三轴联动加工贴合面, 在三轴铣削加工前, 先用线切割切除大部分余量, 粗加工后再进行精加工, 防止在铣削加工时产生较大的切削力, 引起零件变形。将管嘴螺旋旋进定制的螺纹衬套, 用三爪卡盘夹紧衬套进行加工, 这样管嘴螺纹和贴合面就能得到较高的位置精度。

无论是五轴联动加工还是三轴联动加工, 在后置处理过程中都要对加工参数进行优化, 得到 NC 程序后, 可参考所加工机床的说明书, 用机床控制系统的固有 G 代码功能, 对刀具运动速度等进行优化, 以避免刀具在局部进给速度过快。

## 5 加工结果

加工后经测量, 完全满足图纸的要求, 阀体交付用户后, 与气瓶焊接后质量良好, 结构合理, 表面美观, 完全达到设计要求。

## 6 结束语

五轴加工中心都有一定的结构, 机床的控制系统都有自己的控制特性, 后置处理软件不可能把零件考虑得十分详尽, 程序后处理软件在有些情况下也考虑不到某些零件的特殊结构和加工时的状况, 对零件、机床及 CAM 软件的具体问题要做具体分析, 合理安排工艺过程, 根据零件的特殊结构进行数控程序的后置处理。

#### 参考文献:

- [1] 方沂. 数控机床编程与操作[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999.
- [2] 孙竹. 加工中心编程与操作[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- [3] 黄圣杰, 等. Pro/Engineer 2001 高级攻略[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2001.

(编辑: 马 杰)