

# 基于 UG 的喷注器冷却通道的机床仿真加工

刘 英, 董文英  
(西安航天发动机厂, 西安 710100)

**摘 要:** 在分析了喷注器壳体上冷却通道的结构特点和数控加工工艺的基础上, 利用 UG/ISV 软件进行冷却通道的辅助加工, 同时对喷注器三维模型的建立、加工过程参数的选用及刀具轨迹编程和加工仿真进行了详细介绍, 并用五轴机床进行了加工实验, 保证了加工质量, 提高了加工效率。

**关键词:** 加工仿真; UG/ISV; 冷却通道; 数控编程

**中图分类号:** V434-34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-9374 (2011) 04-0059-05

## UG-based machining simulation of injector cooling channel

LIU Ying, DONG Wen-ying  
(Xi'an Aerospace Engine Factory, Xi'an 710100, China)

**Abstract:** Based on the analyses of structural features of cooling channel on the injector shell and NC machining process, computer-aided machining of cooling channel was conducted with UG/ISV software. The 3D injector model, machining parameter selection, tool path programming and machining simulation are introduced in detail. A 5-axis machine was adopted to carry out machining tests. The result proves that the above process can ensure the machining quality and improve the machining efficiency.

**Keywords:** machining simulation; UG/ISV; cooling channel; NC programming

## 0 引言

随着制造技术逐渐向集成化、智能化方向发展, 越来越多的复杂零件采用模拟仿真方法加工, 这种方法可以消除常规编程程序中的错误, 如切伤工件、损坏夹具、折断刀具或碰撞机床; 可以减少工件的加工时间, 减少实际的切削验证

次数和数量; 大幅度提高加工效率, 改善加工品质并降低生产成本。

UG/ISV (unigraphics/integrated simulation and verification) 模块是个功能强大的集成仿真验证专用模块, 它能真实模拟切削过程中的机床运动, 这使机床 NC 编程更加安全、高效, 提高了适应性。由于 ISV 能真实表现出机床行为, 这样在刀轨运行时就能发现机床刀具在加工过程中可能出

收稿日期: 2011-04-29; 修回日期: 2011-06-16

作者简介: 刘英 (1984—), 女, 助理工程师, 研究领域为数控加工

现的任何情况。此外,仿真能检查在机床、夹具、刀具和零件间的干涉情况。它可建立与实际生产加工中数控机床完全一致的精确运动模型,使模拟仿真结果完全符合实际情况,改进加工品质,降低成本。

## 1 喷注器冷却通道结构分析

喷注器冷却通道的结构如图1所示,冷却通道的宽度和高度,影响其冷却效果,进而影响该喷注器的工作温度,最终影响发动机的正常工作。该喷注器壳体毛坯材料为TC4,要加工的冷却通道为圆周分度为 $30^\circ$ 的12个槽面,其槽筋分为两种:一种是图1放大图I所示的两个宽度为13 mm的筋,另外一种为图1所示圆周分度为 $30^\circ$ 的10个宽度为5 mm的筋。要加工的槽面均与底边成 $75^\circ$ ,且为直角边面。在要加工的槽子的底端均有环形槽。该喷注器壳体为焊接件,其中在底端有三个非均布的接管嘴,对加工的刀轴的位置均有一定的影响。

## 2 机床仿真加工过程

### 2.1 加工过程

使用机床仿真加工这12个槽面,主要流程如下:型面粗加工→型面精加工→多路清根加工→重复多路清根加工(小直径铣刀)→去台加工→单路清直角加工→去台加工(小直径铣刀)→单路清直角加工(小直径铣刀)。型面粗加工是对型面余量的去除,加工出型面的大致形状,留给精加工的余量为0.3 mm。精加工按照粗加工的路线,过程和粗加工类似,设置精加工余量为0,取较小的行距,并对公差的位置值减小,提高加工精度。经过上面两道工序的加工,型面基本形状已经加工完成,还需要加工侧壁、底部的内端面,由于其内端面是直角面,所以要用端铣刀进行侧铣加工并且直角面的加工要采用大小不同直径的刀具混合加工,以达到要求的直角面。因为型面精加工用球铣刀加工,清根操作使用端铣刀加工,会在加工的连接处留下接刀台,要提

高加工质量必须在两个连接处加上去台加工。

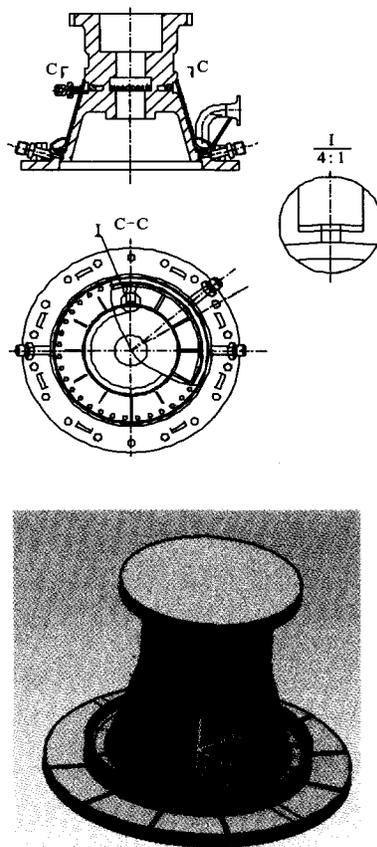


图1 喷注器冷却通道二维、三维示意图

Fig. 1 2D and 3D diagrams of injector cooling channel

### 2.2 加工数控编程

数控加工编程是复杂零件数控加工中最重要的内容,它主要包括:对零件进行三维造型;选定数控机床、刀具和加工工艺方案;进行刀位计算并生成刀具运动轨迹;对刀具运动轨迹进行仿真、校验和编辑并生成刀位文件;根据实际情况,选择合适的机床;最后通过后置处理程序将刀位文件转换为数控机床可读的NC代码。采用UG系统来进行叶片的辅助加工,其数控加工编程一般可由下列步骤来完成。

#### 2.2.1 喷注器三维模型的建立

根据加工的图纸和工序要求,建立要加工的零件的三维模型。同时根据情况,对零件的夹具和安全平面等做辅助的实体造型。造型完成后,根据加工的实际要求,采用曲面造型命令,抽取

要加工的曲面 (蒙皮法)。依据加工需要, 对曲面进行延伸, 以备曲面能够加工到位, 同时也可以保证加工过程中刀具和零件的安全。

2.2.2 刀具选择和刀具库的建立

加工该零件冷却通道的整个加工过程要用到 3 种类型的刀具: 球铣刀 (粗加工用)、带角度的圆柱铣刀 (半精加工和精加工用) 和端铣刀 (清根用)。在 UG/Manufacturing 模块中建立用户自己的刀具库 (包括上述的各种刀具), 根据工序和工步的不同选用不同的刀具。图 2 为选用的刀具参数的设置。

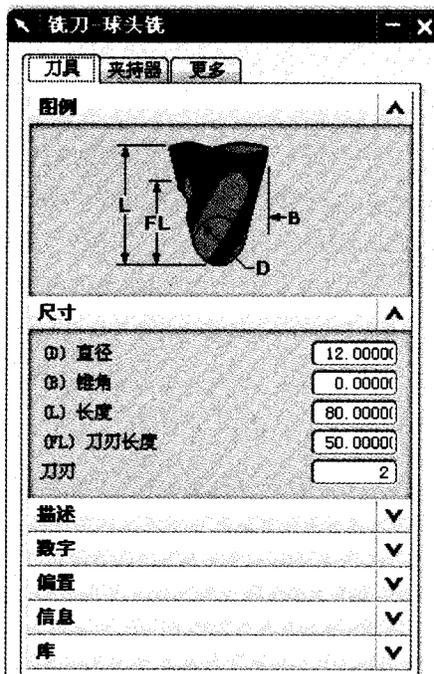


图 2 刀具选用对话框

Fig. 2 Dialog box for tool selection

2.2.3 加工方式的选择

喷注器冷却通道的加工必须在 UG/CAM 中为每个工序选择合适的加工方式, 其中粗加工和精加工的加工方式相同, 不同的是加工余量。刀轴是采用固定轴加工, 加工过程中垂直曲面。清根操作是曲面驱动方法, 投影矢量垂直驱动体。去台操作同样是曲面的加工, 刀轴垂直于喷注器的壳体曲面。图 3 所示为加工方法设置对话框。

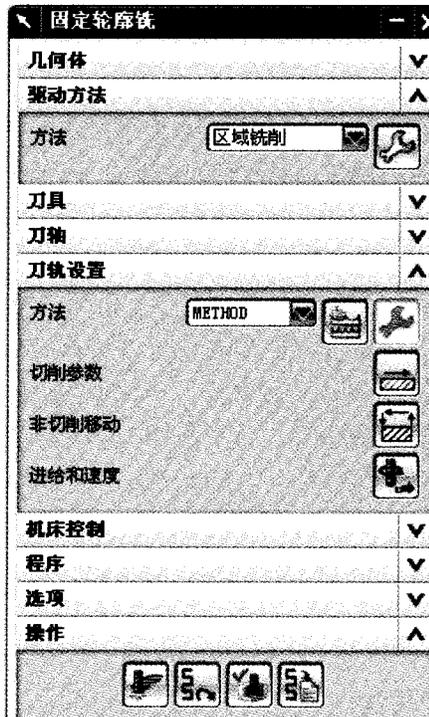


图 3 加工方法对话框

Fig. 3 Dialog frame for machining method

2.2.4 刀具轨迹的生成

在 UG/CAM 中, 如表 1 所示选择合适的加工方式、加工对象、刀具选用参数等之后, 再设置好切削行距、步长、表面允差、进给率等加工参数即可执行 [Generate] 命令生成刀具加工轨迹。

表 1 选用刀具清单及加工程序

Tab. 1 Tool selection list and corresponding machining programs

程序名	程序说明	刀具名称
12cf	型面粗加工	球刀 12 刀长 80
8ff_new	多路清根加工	球刀 8 刀长 45
12jf	型面精加工	球刀 12
6ff_new	多路清根加工	球刀 6 至少 30 长
8add	多路清根加工	立铣刀 8 至少 50 长
8zf	多路清直角加工	立铣刀 8 至少 50 长
5add	多路清直角加工	立铣刀 5 至少 32 长
5zf	多路清直角加工	立铣刀 5 至少 32 长

### 2.2.5 加工过程仿真

为了验证喷注器冷却通道加工的上述参数选用的合理性,预先判断加工过程中可能出现的问题,必须进行仿真模拟。由于喷注器为焊接件,要考虑喷注器三个焊接接管嘴与刀具的干涉情况;主要检查机床运动模型(DMG80)、刀具运动模型以及工件运动模型之间的干涉情况;进一步检查设置的加工参数是否在直角之间会出现过切现象。UG/CAM中集成了加工仿真的功能,可以对生成的刀具轨迹进行加工仿真,动态的模拟刀具切除材料的加工过程,并且可以储存加工仿真后的毛坯留待下一道工序使用。在UG环境下,通过加工仿真对刀具轨迹进行仿真和验证。图4是仿真后粗加工刀具路径。



图4 粗加工刀具路径

Fig. 4 Tool path for rough machining

### 2.2.6 干涉检查

在UG/ISV中,在生成刀路轨迹和刀位源文件(CLSF)后,不但可以转化为机床运动部件之间的运动和复杂零件的加工过程,同时可以通过设置对各个运动部件和要加工的零件及要加工零件的某一个特征进行干涉检查。在仿真运动过程中,出现干涉时,会以高亮颜色显示干涉(过切)的区域,并在出现过切时通过选取干涉时停止,可以详细查出干涉部位,以便对路径或程序进行修改。在该冷却通道的加工过程中,干涉体选取了

三个焊接接管嘴、上顶盖、刀具、刀轴,检查这几个部件之间的干涉情况。在机床仿真运动中,选取的干涉体没有出现碰撞干涉的情况。

### 2.2.7 刀位文件的生成

经过对冷却通道加工过程的仿真模拟,并在UG/CAM中生成了刀具轨迹并进行了加工仿真和干涉校验后,可以将加工数据和信息输出成为刀位源文件(CLSF)。刀位源文件(CLSF)主要包括刀具信息、加工坐标系信息、刀具位置和姿态信息以及各种加工辅助命令信息等。

### 2.2.8 机床的选用及后处理

上述生成的CLSF文件还需要经过后置处理器,转换成车间现有的数控机床能够识别的机床代码。机床的控制器不同,所使用的NC程序的格式就不一样,因此,操作中的刀轨必须经过处理转换成特定机床控制器能够接受的特定格式的NC程序。因为在该加工过程中需用四轴联动,根据车间的实际情况,因此选用了五轴机床(DMG80)。如图5所示,此后置处理器是在UG/POST的基础上开发的UG环境下机床的专用后置处理器。然后对刀具路径进行正确转换,从而生成数控加工程序,如图6所示。

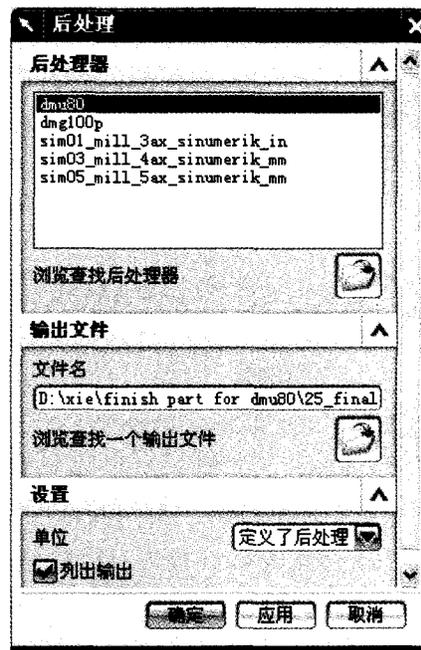
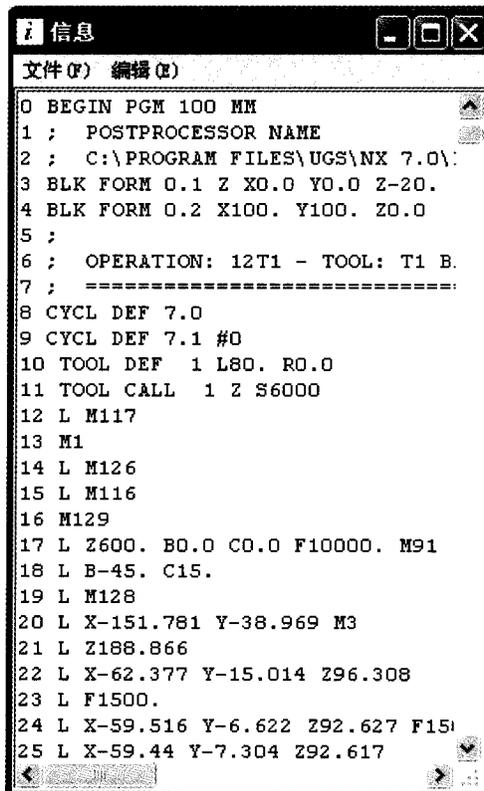


图5 NX POST 后置处理器

Fig. 5 NX POST post-processor



```

0 BEGIN PGM 100 MM
1 ; POSTPROCESSOR NAME
2 ; C:\PROGRAM FILES\UGS\NX 7.0\
3 BLK FORM 0.1 Z XO.0 YO.0 Z-20.
4 BLK FORM 0.2 X100. Y100. Z0.0
5 ;
6 ; OPERATION: 12T1 - TOOL: T1 B.
7 ; =====
8 CYCL DEF 7.0
9 CYCL DEF 7.1 #0
10 TOOL DEF 1 L80. R0.0
11 TOOL CALL 1 Z S6000
12 L M117
13 M1
14 L M126
15 L M116
16 M129
17 L Z600. B0.0 C0.0 F10000. M91
18 L B-45. C15.
19 L M128
20 L X-151.781 Y-38.969 M3
21 L Z188.866
22 L X-62.377 Y-15.014 Z96.308
23 L F1500.
24 L X-59.516 Y-6.622 Z92.627 F151
25 L X-59.44 Y-7.304 Z92.617

```

图 6 处理后程序窗口

Fig. 6 Program window after processing

### 3 结论

喷注器冷却通道加工实验证明, 结合 UG 进行数控机床仿真的辅助加工, 进行三维造型、刀具轨迹编程和加工仿真, 使复杂型面的加工编程基于 CAD/CAM 环境下, 实现了产品设计和制造

过程信息模型的无缝连接, 大大减小了编程出错概率, 提高了编程效率和可靠性, 可有效地保证数控加工的质量, 并且使加工效率提高了 400%。

#### 参考文献:

- [1] 黄宜松, 谢龙汉, 王磊. 数控加工入门与实例进阶[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [2] 毛德君. UG 基于实体的模具数控加工策略及应用[J]. 模具制造技术, 2005(9): 43-46.
- [3] 谢国明, 曾向阳, 王学平. UG CAM 实用教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [4] 卫兵工作室. UGNX 正文版数控编程入门与实例进阶 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2007.
- [5] 黄宜松, 谢龙汉, 王磊. 数控加工入门与实例进阶[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- [6] 毛德君. UG 基于实体的模具数控加工策略及应用[J]. 模具制造技术, 2005(9): 43-46.
- [7] 范希营, 郭永环. 基于 UG/NX/CAM 的复杂型腔的实体造型及铣削加工[J]. 机械设计与制造, 2009(10): 150-151.
- [8] 李春丽, 邓化宇. 数控多面加工仿真关键技术研究与实践[J]. 微计算机信息, 2009(8): 116-117.
- [9] 沈春龙, 张友良. 基于三维虚拟环境的数控加工中心建模与仿真[J]. 机床与液压, 2003(5): 63-65.
- [10] 周济, 周艳红. 数控加工技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [11] 王庆林. UG 铣制造过程使用指导[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [12] 李军锋, 李剑, 席平. 数控机床加工仿真应用[J]. 计算机仿真, 2003, 20(4): 28-34.

(编辑: 陈红霞)