

五轴“S”型试件的编程、仿真与高速加工研究

范世平,任宝钢,仇健,刘启伟
沈阳机床(集团)有限责任公司

摘要: 主要研究了“S”型试件的加工工艺;基于 NX8.0 的“S”型试件五轴编程,刀具轨迹优化;构建了基于 NX8.0 的 HEIDENHAIN iTNC 530 系统 A、C 双摆台式机床的后置处理器,利用其生成 NC 程序;利用 VERICUT 软件进行了加工仿真;并最终对“S”型试件进行了实际加工和检测。

关键词: 五轴;“S”型试件;CAM;VERICUT;高速加工

中图分类号: TG508 **文献标志码:** A

Study on Programming,Simulation and High Speed Machining of S Type Part

Fan Shiping, Ren Baogang, Qiu Jian, Liu Qiwei

Abstract: Processing technology of S type part, five axis programming technology and tool path optimization technology based on NX8.0 had been researched in this paper. Based on NX8.0 the AC table-table post processor had been built. The NC programme suitable for HEIDENHAIN iTNC 530 system had been generated by the post processor which had been made. The machining process simulation had been made in VERICUT. Finally an actual S type part had been machined and then it will be checked.

Keywords: five axis; S type part; CAM; VERICUT; high speed machining

1 引言

“S”型试件是以成都飞机工业(集团)有限责任公司为代表的航空制造企业,评价与检验五轴机床性能的重要依据。试件的主体是一个呈“S”型走向的扭曲曲面形成的等厚度缘条(见图 1)。缘条与底平面的夹角连续变化,曲面形状复杂。使用立铣刀加工时,刀具轴方向必须连续变化,机床必须进行五轴联动的坐标连续变化。加工“S”型试件能够集中反映机床的几何精度、定位精度、反向误差、五轴插补精度等特性。“S”型试件来源于典型航空零件结构,具有薄壁特征,其加工状况还能反映机床的刚性、振动等特性。

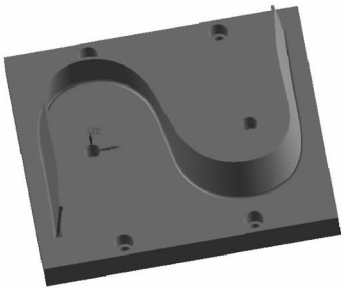


图 1

2 确定加工工艺

2.1 所使用的机床

所用的机床结构为 A、C 双摆台式五轴高速立式加工中心。本机床具有高主轴转速,高进给速度的特点。主要参数如表 1 所示。

表 1 机床主要参数表

项目	参数
工作台面直径	400mm
主轴最高转速	24000r/min
X、Y、Z 轴行程	600/560/450mm
A、C 轴行程	-95° - +95°/0 - 3360°
X、Y、Z 快移速度	全部 40m/min
A、C 轴最大转动速度	全部 100r/min
数控系统	海德汉 iTNC530

2.2 加工工艺与所用刀具

根据高速机床的特点,制定了高转速、小切深、快进给的工艺参数方案,具体如表 2 所示。

3 数控编程和加工仿真

3.1 数控编程

首先利用 NX8.0 中的三轴粗加工策略生成粗加工刀路,然后对其进行了优化,以达到在不过切的情况下空走刀时间最短,单位时间内金属去除率最高的目的。由于“S”型试件的缘条是直纹面,所以半精加工与精加工采用的是侧刃铣的加工策略,即保证刀具的轴线与“S”型试件缘条的母线始终处于平行的状态(见图 2)。最后编制精铣底部平面和钻

表 2 刀具与切削参数表

工序	刀具描述	说明	轴向切深 a_p (mm)	径向切深 a_e (mm)	主轴转速 n (r/min)	进给速度 v_f (mm/min)
1	2 齿 D20R0.8 刀片立铣刀	三轴粗铣外形	2	12	20000	4000
2	2 齿 D20R0.8 刀片立铣刀	半精加工	2	0.5 - 5	20000	4000
3	2 齿 D20R1 整体硬质合金铣刀	五轴精铣	2	2.5	20000	4000
4	2 齿 D20R1 整体硬质合金铣刀	三轴精铣底面	0.5	10	20000	4000
5	D15.5 钻头	钻孔	-	-	500	100
6	D16 精镗刀	镗基准孔	-	0.1	1000	100

孔、镗孔的路径。底部平面将作为三坐标测量机检验的基准平面,底面中部镗出来的两个孔作为三坐标测量机检验的基准孔。

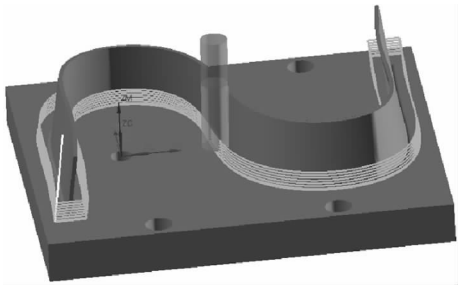


图 2

NX8.0 生成的刀具轨迹信息并不能直接被数控系统所执行,必须将其转化为数控系统能够识别的代码,这个过程称为后置处理。利用 NX8.0 自带的后置处理构造器构建了 A、C 双摆台式机床,配置了适用于 HEIDENHAIN iTNC 530 系统的后置处理文件,利用构建好的后置处理器生成 NC 程序,部分代码示例如下:

```
50 L X - 50.632 Y16.362 Z52.091 A - 12.068 C232.931
51 L Y18.071 Z52.085 A - 12.033 C231.957
52 L X - 50.621 Y19.708 Z52.079 A - 11.998 C231.01
53 L X - 50.599 Y21.271 Z52.073 A - 11.963 C230.094
54 L X - 50.567 Y22.771 Z52.067 A - 11.927 C229.202
55 L X - 50.525 Y24.217 Z52.061 A - 11.892 C228.331
56 L X - 50.474 Y25.616 Z52.055 A - 11.856 C227.477
57 L X - 50.413 Y26.976 Z52.048 A - 11.821 C226.635
58 L X - 50.343 Y28.3 Z52.042 A - 11.784 C225.804
59 L X - 50.269 Y29.52 Z52.036 A - 11.75 C225.028
60 L X - 50.179 Y30.802 Z52.03 A - 11.713 C224.213
61 L X - 50.087 Y31.954 Z52.024 A - 11.679 C223.477
62 L X - 49.987 Y33.081 Z52.019 A - 11.646 C222.752
63 L X - 49.877 Y34.186 Z52.013 A - 11.612 C222.037
64 L X - 49.759 Y35.269 Z52.007 A - 11.578 C221.331
65 L X - 49.632 Y36.334 Z52.001 A - 11.543 C220.633
66 L X - 49.496 Y37.381 Z51.995 A - 11.509 C219.941
67 L X - 49.352 Y38.412 Z51.989 A - 11.473 C219.255
68 L X - 49.199 Y39.427 Z51.983 A - 11.438 C218.574
```

```
69 L X - 49.037 Y40.427 Z51.977 A - 11.402 C217.897
70 L X - 48.868 Y41.408 Z51.971 A - 11.365 C217.23
```

3.2 加工过程仿真

加工过程仿真是用来检验加工程序与加工工艺正确与否的重要方法。利用加工仿真,可以验证加工程序是否存在过切与欠切,刀具与工件是否干涉,刀具与夹具、机床是否干涉,机床是否超程等重要信息。加工仿真几乎已经成了加工复杂五轴零件必不可少的步骤。VERICUT 是重要的数控仿真软件,在数控加工行业有着广泛的应用。

首先将机床导入 VERICUT,配置机床的运动学关系模型,添加虚拟数控系统,设置机床行程等参数。然后在虚拟机床工作台上添加工件毛坯(见图 3),设置加工坐标系,建立刀具模型(见图 4)。再导入加工程序。

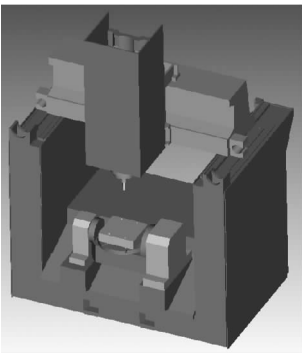


图 3

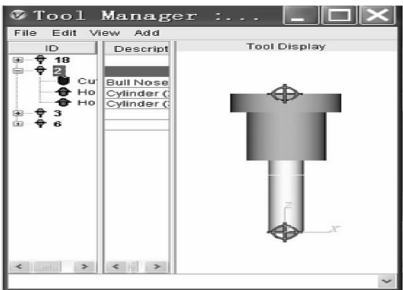


图 4

接下来将干涉检查选项设置为检查刀具及主轴与工件、转台、基座是否干涉。仿真过程中,软件会自动检查干涉。如果出现干涉就会自动报警并暂停

程序。本程序没有干涉,最后得到仿真结果见图5。

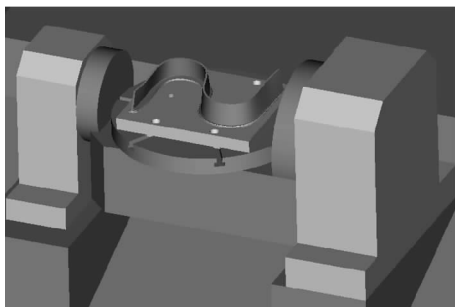


图5

4 实际加工与检测

利用 A、C 双摆台式 5 轴高速立式加工中心进行了“S”型试件的实际加工(见图6),冷却方式为油雾润滑。加工过程中机床运行平稳,无明显振动现象发生。这说明,对于加工“S”型试件,机床的刚性满足要求。精加工后的“S”型试件如图7所示。加工后的样件表面完整,无明显过切、欠切现象,验证了程序中包含的刀具轨迹的正确性。用粗糙度仪进行检测,表面粗糙度良好,平均粗糙度 $R_a = 0.3\mu\text{m}$ 。用千分尺在缘条较平直处取 10 个点测量其厚度,数值在 $3 \pm 0.04\text{mm}$ 范围内,满足“S”型试件的公差规定。这说明加工薄壁件所选择的刀具、工艺参数、装夹方式的合理性。



图6

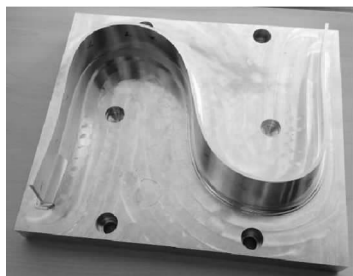


图7

在“S”型试件的中心附近,表面质量不好,有微小的过切、欠切现象。此类机床在加工“S”型试件时或多或少都存在这个问题,这是“S”型试件的加工难点。产生此现象的原因是:在“S”型试件的中心附近,程序中两个坐标点之间 C 轴坐标变化幅度很大,

导致了 C 轴瞬间转动速度较快。此时五个插补轴之间速度匹配不当,因而容易产生过切、欠切。

5 结语

通过研究,发现用 A、C 双摆台式五轴立式加工中心加工“S”型试件的主要难点在于:在“S”型试件的中心附近,程序中两个坐标点之间 C 轴坐标变化幅度很大,这就导致了 C 轴瞬间转动速度较快。这一加工特性要求机床在高速进给条件下具有很高的五轴插补精度和刀尖中心点位置保持精度。只有这样才能保证较高的轮廓加工精度与表面质量,否则只能以牺牲加工速度的方式来获取加工精度。“S”型试件对机床的要求一定程度上代表了航空制造业对机床的要求。分析上述内容对机床制造企业进一步研究五轴机床的精度与性能打下了坚实的基础,对于开发适用于航空结构件加工的机床亦有很大帮助。

参考文献

- [1] 艾兴,等. 高速切削加工技术[M]. 北京:国防工业出版社,2003.
- [2] 王志刚,何宁,武凯. 薄壁零件加工变形分析及控制方案[J]. 中国机械工程,2002,13(2):114-118
- [3] 武凯,何宁,廖文和,等. 薄壁腹板加工变形规律及其变形控制方案的研究[J]. 中国机械工程,2004,15(8):670-674.
- [4] 赵威,何宁,李亮,等. 薄壁结构的高效铣削加工[J]. 航空制造技术,2002,38(6):12-15.
- [5] 宋智勇. 高速加工机床在国外航空加工中的应用[J]. 航空制造技术,2004(6):51-55.
- [6] 王礼健. 高速加工中心在航空领域的应用[J]. 航空制造技术,2006(5):47-49.
- [7] 王焱. 航空产品的切削加工与未来机床[J]. 航空制造技术,2008,(17):35-39.

第一作者:范世平,工学硕士,沈阳机床(集团)有限责任公司,110142 沈阳市

First Author: Fan Shiping, Master, Shenyang Machine Tool (group) Co., Ltd, Shenyang 110142, China