

精密小型叶轮的五轴编程和仿真技术研究

范永庆¹ 王建华¹ 范永进² 梁峰¹ 王泽立¹

(1. 北京华航无线电测量研究所, 北京 100013; 2. 中油管道机械制造有限责任公司, 廊坊 065000)



摘要: 精密小型叶轮具有结构紧凑、精度高要求、叶片间距小、叶片厚度小等特点。因此易造成叶轮尺寸超差、粗糙度超差、叶片变形等问题。叶片加工过程中需五轴联动, 编程难度大, 加工效率低, 成为生产瓶颈。针对精密小型叶轮确定合理的加工方案、编程方案, 利用数控加工仿真软件对整个加工过程进行仿真、优化, 达到理想效果。

关键词: 精密小型叶轮; UG 编程; VERICUT 仿真

Research on Five-axis Programming and Simulation Technology for Precision Small Impeller

Fan Yongqing¹ Wang Jianhua¹ Fan Yongjin² Liang Feng¹ Wang Zeli¹

(1. Beijing Huahang Radio Measurement & Research Institute, Beijing 100013;

2. China Petroleum Pipeline Machinery Manufacture Co., Ltd., Langfang 065000)

Abstract: Precision small impellers are characterized by compact structure, high precision requirements, small blade spacing and small blade thickness. Therefore, it is easy to cause problems such as excessive impeller size, excessive roughness, and blade deformation. Five-axis linkage is required in the blade processing process, which is difficult to program and has low processing efficiency, which becomes a production bottleneck. A reasonable machining plan and programming scheme are determined for the precision small impeller, and the whole machining process is simulated and optimized by the numerical control machining simulation software to achieve the desired effect.

Key words: precision small impeller; UG programming; VERICUT simulation

1 引言

某精密铝合金小型叶轮^[1]要求其结构紧凑,所占空间小,整体强度高,尺寸精度高,表面粗糙度低,叶片相对深度大,叶片间距小,各曲面圆弧连接平滑避免产生应力集中。由于其结构的特殊性,对数控程序精确性、实用性、机床的联动性、加工精度和刀具强度、长径比的要求很高。集中体现在数控程序编制、加工工艺流程选择、装卡过程选用、加工过程参数设置、刀具的选用等方面。根据实际情况制定合理的工艺流程,装卡方案,采用UG进行五轴数控编程^[2~4],并Vercut仿真加工程序、装卡方案、数控机床^[5,6],模拟实际生产情况,杜绝加工过程中意外情况发生。

2 精密小型叶轮的结构特征

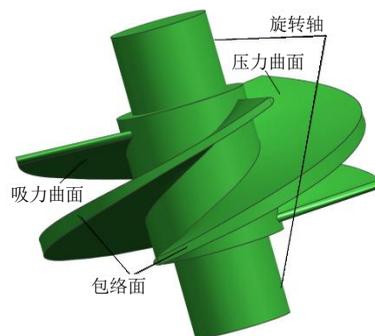


图1 叶轮模型

某精密小型叶轮的外形尺寸为 $\Phi 21\text{mm} \times 14\text{mm}$, 叶

作者简介: 范永庆(1982), 硕士, 机械设计专业; 研究方向: 数控加工技术。

收稿日期: 2018-08-06

片区域宽度为8mm,叶片最薄处到最厚处区间为0.4~1.0mm,圆弧连接处需圆滑过渡,整体结构紧凑。叶轮模型如图1所示。

3 叶轮的加工难点分析和加工方案制定

3.1 叶轮加工难点分析

叶轮不宜采用铸造毛坯,只能靠棒材切削成形,同时叶片较薄(0.4~1.0mm),包络面到轮毂面距离为6mm,材料相对去除率较高。压力曲面和吸力曲面间距小于3mm,只能使用 $\Phi 2\text{mm}$ 及以下且刚度较高的刀具。为了使气体平顺通过叶片,叶片根部要求光滑且圆角不超过 $R0.5\text{mm}$,缩小了刀具的可选范围。加工所用的德玛吉DMU60P设备为A轴转角受限较大的老五轴联动加工中心。分析该精密小型叶轮的叶片结构形式,采用卧式五轴联动加工。为避免加工过程中主轴和工作台的碰撞,需要加长毛坯料的旋转轴,降低了零件的整体刚性,不利于零件加工。考虑包络面、旋转轴、轮毂的同轴度要求,设计合理的加工方案,制作可行易用的工装,降低加工难度、提高加工精度。

3.2 叶轮加工方案制定

根据叶轮的成形要求和加工制约条件,选择 $\Phi 25\text{mm} \times 30\text{mm}$ 毛坯,其加工工艺路线如图2所示。

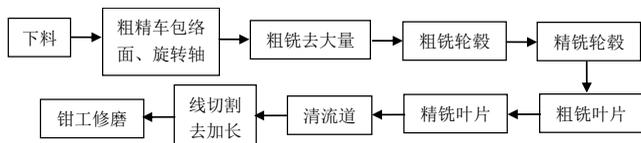


图2 加工工艺路线

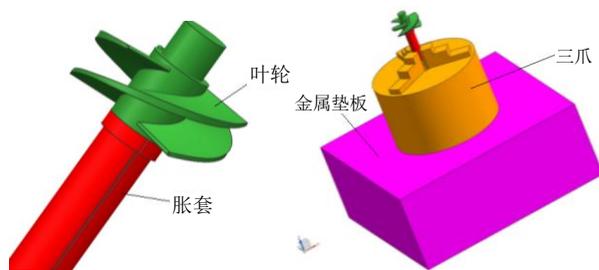


图3 叶轮加工装卡方案

制定合理加工、编程方案的同时,为保证旋转轴、轮毂和包络线的同轴度,提高装卡速度,避免划伤,缩短找正时间,设计可伸缩的专用胀套完成零件在五轴设备上的快速装卡。其关系如图3所示。

4 数控程序的编制

由于该精密小型叶轮结构与一般叶轮区别较大,需考虑零件特征和所用五轴数控机床的联动特性。

4.1 粗加工程序

该精密小型叶轮有三个螺旋叶片,轮毂为与旋转轴同心的圆柱,根据DMU60P机床和零件特性,采用卧式加工。为尽可能去除毛坯料,最大限度节省加工时间,根据叶片结构和数量将粗加工程序分为 0° 、 120° 、 240° 三个主轴方向,如图4所示。考虑叶轮的不规则性,减少抬刀次数,避免主轴频繁进刀,切削模式中的跟随部件为跟随周边,非切削移动中的区域间转移为前一平面转移,减少抬刀70%以上,对比效果如图5所示。保证叶片、轮毂尺寸精度和表面粗糙度,粗加工时在叶片表面和轮毂表面预留0.3mm的加工余量以修正工件变形,采用 $\Phi 2R1\text{mm}$ 球头刀粗加工。

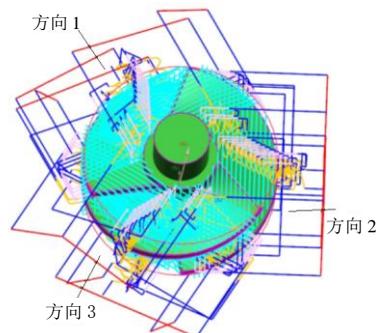


图4 粗加工程序

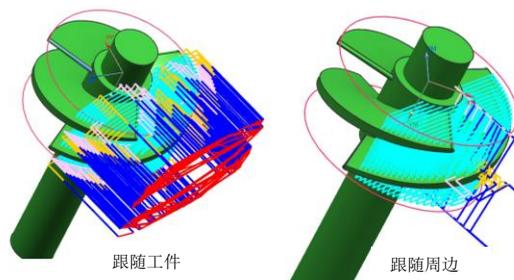


图5 不同走刀方式程序对比

受留量和叶片角度限制,粗加工后毛坯虽然接近了叶轮的最终模型,还需针对轮毂和叶片编制精加工程序。

4.2 精加工轮毂程序

考虑叶片和轮毂的加工难度和在整个零件中所占的权重,先加工刚度较好不易变形的轮毂,根据零件特征涵盖所有的轮毂面以 60° 为一个加工区域,利用三轴的固定轴铣削编制精铣程序,选用 $\Phi 2R1\text{mm}$ 球头刀,步距 0.02mm 分六次完成,既能减少刀轨的重叠,又能提高加工效率。编制轮毂精加工程序如图6所示。

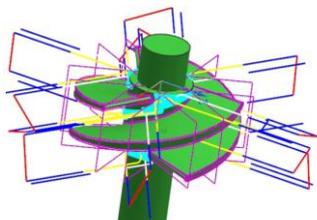


图6 轮毂精加工程序

4.3 半精加工叶片程序

去除粗加工余量和三轴不能加工的叶片背部,要求按叶片的走向走刀,同时减小刀具切深,避免产生接刀痕,提高叶片光洁度,采用可变流线铣对单叶片进行编程,选用 $\varnothing 2R0.2\text{mm}$ 圆鼻刀,留余量 0.1mm ,每层切深 0.5mm ,设定在叶片拐角处进出刀,叶片半精加工程序如图7所示。

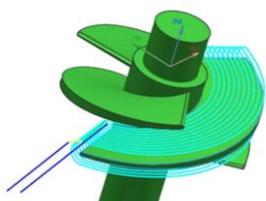


图7 叶片的半精加工程序

4.4 精加工流道和叶片程序

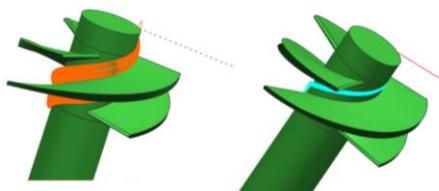


图8 流道和叶片的精加工程序

半精加工后叶片根部余量 0.1mm ,为提高叶片的光洁度,不允许出现接刀痕和颤痕迹,采用顺序铣编程,控制进刀、出刀点和摆动刀轴方向,使刀具严格按叶片的侧壁走刀,刀具逐步逼近叶片,刀具圆角紧贴叶轮的流道,编制叶片和流道的精加工数控程序如图8所示。

5 数控程序的仿真

数控程序编制完毕并在UG中演示达到了理想效果,为进一步验证数控程序和后处理的正确性、工装装卡的精准性、主轴工作台五轴联动的碰撞避让,需要专业的数控程序仿真软件VERICUT,并在软件中建

立加工该零件所需的DMU60P五轴机床和加工时所用的工装卡具,导入后处理的数控程序进行仿真,对比仿真结果和零件模型,设定对比的公差精度,用以模拟加工过程和三维模型的加工误差以及后处理的数控程序、选用的刀具及刀具长度、工装使用避让等的正确性。添加顺序铣后和没有顺序铣表面粗糙度对比效果如图9所示。在整个叶轮的仿真过程中金属垫板、三爪、胀套、毛坯等在数控机床加工系统中的相对安装关系,及机床加工完毕后机床回零后叶轮的整体效果如图10所示。

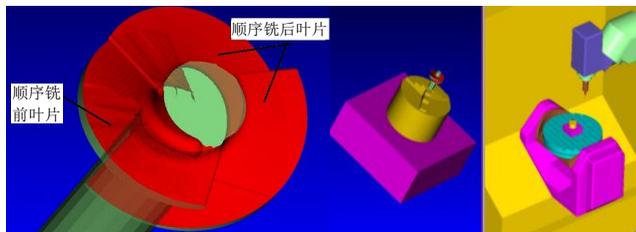


图9 仿真效果 图10 仿真系统效果图

6 结束语

分析了精密小型叶轮的整体特征,选择了适合该特征的加工方案,分析该加工方案的数控程序,选择了三轴粗加工去除大量毛坯,三轴固定轴精加工轮毂,变流线铣对叶片半精加工,顺序铣对流道和叶片精加工,并针对数控程序、整个装卡方案和数控加工系统进行了VERICUT仿真,取得了较理想的效果。在实际应用当中省去了零件试切的时间和成本,缩短了生产周期,节约了生产成本。同时该加工方案可以应用到其它五轴零件的精加工中,为后续五轴程序的编制仿真及数控系统的模拟提供参考方案。

参考文献

- 1 耿强,刘晓哲,程卫祥.航空精密小叶轮数控加工技术[J].高新技术产业发展,2012(9):31~32
- 2 黄毓荣,顾颀.多轴铣制造过程培训教程[M].北京:清华大学出版社,2002
- 3 刘泽瑞,荀衡汇,陶应森.基于NX8.0与VERICUT的叶轮五轴加工技术研究[J].现代制造技术与装备,2013(4):1~2
- 4 杨胜群,唐秀梅.VERICUT数控加工仿真技术[M].北京:清华大学出版社,2010
- 5 张惠林,轩继花,姜士湖.基于VERICUT的五轴联动数控加工仿真[J].现代制造工程,2006(7):125~127
- 6 李海霞.VERICUT7.2数控加工仿真技术培训教程[M].北京:清华大学出版社,2013

