叶轮叶片五轴联动加工解决方案

■ 东莞市希普思五金机械有限公司 （广东 523869） 王 权

摘要：采用五轴联动加工，解决叶轮叶片加工难度较高的问题，合理地分析，有效地配刀，从实际应用出发，提出较为灵活的加工方式，有效提高加工效率，改善叶轮质量。

五轴联动加工是一种科技含量高、精密度高且专门用于加工复杂曲面的先进数控技术，通过增设机床回转轴可完成除安装基面外所有平面和的铣、钻和镗等加工。五轴数控加工设备比传统三轴设备多两个旋转自由度，可以快速实现在任意方向上的自由加工，便于改变和调整刀轴方向，改善加工条件。但同时给路径规划造成了困难，不但增加了刀具与工件发生干涉的可能性，且复杂环境下的加工，需要更稳定更灵活的刀具组合来完成。

1. 五轴加工常见问题

（1）刀具干涉。五轴数控加工设备比传统三轴设备多了两个旋转自由度，给路径规划造成了困难，使刀具与工件发生干涉的可能性大大增加，如何避免干涉的发生，成为刀具首要解决的难题。干涉对比如图1所示。

（2）刀具刚性。为避免干涉，多采用过大过长刀具，由此带来刀

2. 挡板夹具的使用

首先将基础板通过U形孔用螺杆和螺栓与立式加工中心工作台相联接，并保证基础板加工完的定位基准面与工作台*X*轴相平行，然后压紧基础板并将工件放入，再用楔块把工件夹紧，并确定工件在夹具上的位置。利用自制夹具（见图6），我们一次可装夹加工20个工件，每2个工件1套夹紧装置，加快夹压工件速度，利用立式加工中心装夹加工完成铣端面、1侧面以及钻铣端面上3个孔，相比之前使用组合夹具1次装夹加工6个工件，每个工件1套夹紧装置，不但效率大大提高，而且也不需要长期占用组合夹具资源。

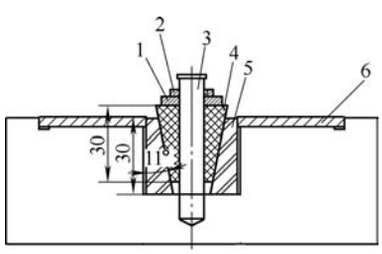

图 5

1.垫片 2.M10螺母 3.螺杆
4、5.楔块 6.工件

3. 结语

在现代机械加工行业，我们想要高效率加工一批合格的零部件，不仅需要高精度的机床、锋利耐用的刀具及各种各样的通用或专用夹具，同时也需要合格的操作者。在零件的加工过程中，一个合格的操作者需要把复杂的零件简单化，简单的零件程序化。有时操作者在不影响零件精度的前提下，改动工艺或制作一些简单、实用的小夹具，不但能提高零件的加工速度而且还能降低劳动强度，使操作者减少重复劳动继而提高产品质量，降低生产成本。

图 6

参考文献：

[1] 孟少农. 机械加工工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，1996.

MW（收稿日期：20170630）

具刚性不足问题。加工时，刀具振动过大，不但影响加工精度，且极易损坏刀具。梦幻系列刚性比较如图2所示。

（3）刀具稳定性，灵活性。五轴加工的本质是提供高效率高精密的产品，这就需要刀具具有很高的稳定性及灵活性，可根据不同加工快速更换切削刀具组合，提高加工效率，改善切削质量。梦幻系列刀具组成如图3所示。

2. 叶轮加工案例

在多加工工件中，叶轮叶片的难加工情况尤为突出。叶轮叶片是航空发动机、汽轮机等装置的核心部件，在航空发动机中，涡轮叶片处于温度最高、应力最复杂且环境最恶劣的部位，被称为第一关键零件，如图4所示。

（a）梦幻系列　　（b）普通刀具

图1　深腔加工干涉对比

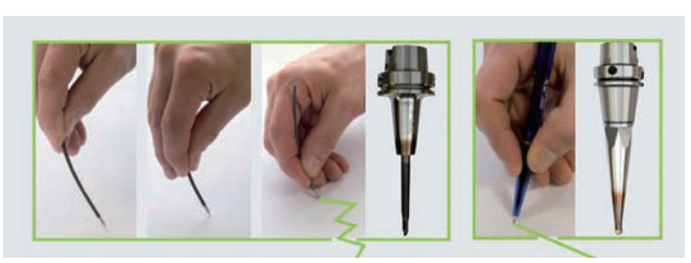

图2　梦幻系列刚性比较

图3　梦幻系列刀具组成

1.梦幻基础柄 2.梦幻止水环 3.梦幻变径套 4.梦幻减震环 5.梦幻变径杆 6.梦幻热缩杆 7.梦幻刀具

由于其复杂曲面结构，以及近乎苛刻的应用环境，使得叶轮叶片成为典型的难加工结构件。叶轮叶片加工，素有“五轴加工的巅峰竞技场”之说，其先进加工方案，深受国内外技术人员的关注。为此列出以下加工案例，为用户提供一套从粗到精的加工方案，如表1所示。

（1）工件毛胚粗加工刀具选型。首先选择平面铣刀柄与UFO飞碟自旋转系列进行开粗，完成工件毛胚的邹形。平面刀柄：BT40-FMB27-60；UFO飞碟刀盘：DR12-066-A27-07；UFO飞碟刀片：DR12-8B3。切削参数如表2所示。

（2）流道粗加工刀具选型。针对流道的曲面及间隙，选用梦幻系列及UFO飞碟系列组合（见图5），进行高效加工。梦幻刀柄：BT40-DM20K-77；梦幻螺纹杆：DM20K-M16-60；快进给刀盘：DR12-035-E16-05；快进给刀片：DR12-8B3。切削参数如表3所示。

（3）流道精加工刀具选型。针对流道的曲面及间隙，选用梦幻系列及快进给可换头组合（见图6），进行高效加工。梦幻刀柄：BT40-DM20K-77；梦幻螺纹杆：DM20K-M10-60；快进给刀

图　4

盘：XC06-520-M10；快进给刀片：XCHT062220 HM40。切削参数如表4所示。

（4）清角精加工。流道清角，是干涉最多的部分，选用梦幻系列及球形可换头组合（见图7），防止工件干涉，提升加工效率。梦幻刀柄：BT40-DM10K-77；梦幻螺纹杆：DM10K-M08-60；快进给刀盘：RO16-R8-M08；快进给刀片：ROHX16T3 HM40。切削参数如表5所示。

（a）梦幻系列

（b）UFO飞碟系列

图 5

（a）梦幻系列　（b）快进给可换头

图 6

（a）梦幻系列

（b）球形可换头

图 7

表1　叶轮叶片加工方案

叶轮直径/mm	工件材质	加工方式	加工设备	冷却条件	冷却方式
600	钛合金	粗、半精、精加工	加工中心	乳化液	外冷

表2　刀具切削参数

切削速度v_c/（m·min^{-1}）	每齿进给量f_z/（mm·z^{-1}）	转速n/（r·min^{-1}）	进给速度v_f/（mm·min^{-1}）	背吃刀量a_p/mm	切削宽度a_e（%）
40	0.6	360	1 800	1	60

表3　刀具切削参数

切削速度v_c/（m·min^{-1}）	每齿进给量f_z/（mm·z^{-1}）	转速n/（r·min^{-1}）	进给速度v_f/（mm·min^{-1}）	背吃刀量a_p/mm	切削宽度a_e（%）
40	0.6	190	1 300	1.0	60

表4　刀具切削参数

切削速度v_c/（m·min^{-1}）	每齿进给量f_z/（mm·z^{-1}）	转速n/（r·min^{-1}）	进给速度v_f/（mm·min^{-1}）	背吃刀量a_p/mm	切削宽度a_e（%）
40	0.3	630	1 000	0.5	70

表5　刀具切削参数

切削速度v_c/（m·min^{-1}）	每齿进给量f_z/（mm·z^{-1}）	转速n/（r·min^{-1}）	进给速度v_f/（mm·min^{-1}）	背吃刀量a_p/mm	切削宽度a_e（%）
60	0.8	1 200	1 000	0.2	50

参考文献：

[1] 徐鸿. 叶轮数控加工工艺方法研究[J]. 科技创新导报，2009（24）：39-41.

[2] 蒋英兰，王大镇. 叶轮数控加工发展现状及一种新的数控加工方法介绍[J]. 集美大学学报：自然科学版，2002（2）：149-153.

MW（收稿日期：20170612）