

AMT技术与数控机床在航空制造领域的应用

■ 惠阳航空螺旋桨有限责任公司（河北 072152） 李国平

摘要：本文以薄壁类、环类及钣金类等复杂曲面零件的加工为例，优化了复杂航空产品的数控加工工艺，实现了数控编程与数控机床仿真为一体的高效加工。



研究员级高级工程师 李国平

制造是人类所有经济活动的基石，是人类历史发展和文明进步的动力；制造技术则是按照人们所需的目的，运用知识和技能，利用客观物资工具，将原材料物化为人类所需产品的工程技术。AMT技术即先进制造技术，是在传统制造技术的基础上，不断吸收各行业的发展成果，并将其综合应用于产品形成全过程，以实现优质、高效、低耗、清洁和灵活的生产，提高对动态多变市场的适应能力和竞争能力的制造技术总称。

随着复杂型面零组件的加工需求越来越多，多轴联动数控加工中心应运而生，复合主轴头五面加工机床可实现4个垂直平面、任意角度倾斜面和倒锥孔的加工；DMG Voution系列加工中心，可实现五面一次定位装夹加工；车铣复合及铣车复合加工中心可实现车、铣、钻等复合加工，多轴数控加工技术在航空复杂曲面的加工中得到广泛的应用。随着数控技术尤其是数控设备的发展，AMT技术已广泛应用于航空制造领域。

1. 薄壁型腔的铣削加工

薄壁零件如图1所示，材料为1Cr17Ni3A，硬度262/326HB，毛坯为锻件。从零件结构看，属于薄壁难加工件，最小壁厚1.1mm。薄壁型腔的加工工艺起初采用普通铣床、高速钢铣刀对其加工，加工过程为“锻件→粗车→热处理→半精车→磨外圆→车螺纹→铣端槽→铣型腔”等，考虑到薄壁零件孔定位，铣型腔工序只能安排在磨外圆精加工之

后进行，型腔加工深度为0.75~0.85mm，型腔深度越小，加工过程中型腔让刀量越大，因切削抗力产生的变形越小。当加工深度为0.75mm时，外圆尺寸变形量为0.05mm，型腔让刀量为0.25mm；当加工深度为0.85mm时，外圆尺寸变形量为0.08mm，型腔让刀量为0.15mm，造成外圆等配合面尺寸超差或报废，加工出的零件尺寸一致性差，表面粗糙度不易保证。随后采用线切割特种加工，加工出的零件尺寸一

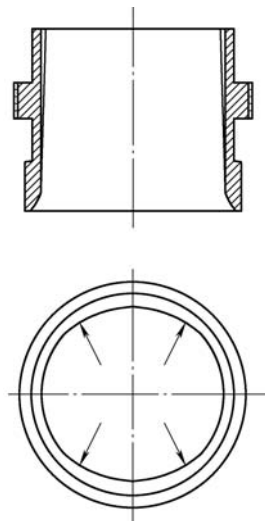


图1 薄壁零件示意图

致性、表面质量得到保证，但是其他配合面易因变形出现尺寸超差或报废，为避免其他配合面的变形，减小钼丝的进给量，相应的工作效率就会大大降低。

线切割加工单件耗费2h，为缩短工时，随后采用立式加工中心（见图2），以薄壁件外圆柱定位装夹薄壁件，采用直径为型腔过渡直径R两倍的镶刀片夹刀及高速钢立铣刀。首先用镶刀片夹数控铣刀粗加工，粗加工留量0.02mm。然后，用高速钢立铣刀进行精加工，精加工完毕后进行三坐标检测，计量结果表明，加工型腔尺寸稳定，表面粗糙度值 $R_a=3.2\mu\text{m}$ ，满足图样要求，其他不加工的配合尺寸无变形现象发生。

该立式加工中心主轴采用日本NSK高精度轴承，净化、定向装配。主轴电动机采用西门子大转矩电动机，转速范围大，有强大的切削能力。三轴均采用交流伺服电动机，惯量大，工作台运动加减速时间快。机床三个方向的导轨采用德国曼内斯曼·力士乐高精度直线滚动导轨，高精度、大直径滚珠丝杠采用进口产品。采用辛辛那提专用联轴节技术，转动惯量小，无间隙，联接刚度。采用高强度树脂砂铸件，立柱底座与床身的结合面采用美国



图2 立式加工中心

辛辛那提专有的填充技术，接触刚度增加了10%~15%。盘式刀库任选换刀方式，结构简单、易于调整，故障率低，稳定可靠、易于维修。X、Y、Z三轴的防护采用不锈钢防护罩。

数控系统采用德国西门子公司SINUMERIK 840D 系统，交流主轴电动机、交流进给伺服电动机、交流主轴伺服及交流进给伺服等均为进口原装。

2. 环类零件的数控加工

安装盘实体如图3所示，其形状不规则，外圆呈锯齿状，内外为球面，柱面分布孔系，尺寸、位置精度要求较高。零件直径较大，最大边缘处直径为805mm，相对壁厚较薄，最小壁厚3.0mm，刚性较差；材料为铝合金5A06，状态为H112，容易产生装夹变形、加工变形及振动，属于大型盘环类零件。

对于此种零件，若采用传统机械加工方法，则需要大量的专用夹具、刀具和测具，制造成本高、生产效率低。

通过CAD/CAE/CAM技术，

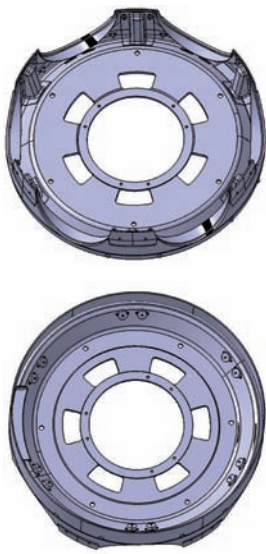


图3 安装盘实体

MAXXTURN110MY车削中心、DMU100五坐标数控加工中心（见图4）及三坐标检测技术，成功将其应用到此类零件的生产实践中。利用CATIA软件编程，加工仿真，考虑铝合金高速加工等技术，保证零件的加工质量，提高零件的生产效率。

孔系加工采用钻、铤多功能刀具，一次使用一把刀具即可加工出预制孔、内孔和倒角。

深槽、外圆柱面、端面、内槽及内孔的加工采用多功能车削刀片，即使用一个刀片通过一次进给，即可完成以往需要4~6把刀具才能完成的多工步加工，各不同工步加工可选择不同的切削用量。

优化加工路线，分粗加工、半精加工和精加工三个阶段，适时增加时效工序，去除车、铣加工产生的残余应力。为减少铣槽变形，选用小直径键槽铣刀，即采用大转速、小进给铣削。

3. 钣金类零件的数控加工

如图5所示，角盒材料为铝合金，侧壁为曲面，最小壁厚



图4 车削中心和五坐标数控加工中心

1mm, 使用五轴加工中心, 合理选择刀具是加工关键。

型腔采用零或负前角的高速面铣刀加工, 刀尖用圆弧或多个直线刃过渡, 可抑制因高速切削产生的月牙洼磨损、刀尖热磨损及边界缺口损伤, 转角处为避免过切或颤振, 需降速加工。

4. 数控加工仿真

航空产品制造周期和高材料成本不允许出现大的质量问题, 因此, 数控加工仿真就显得尤为重要。它是一种快捷有效的数控

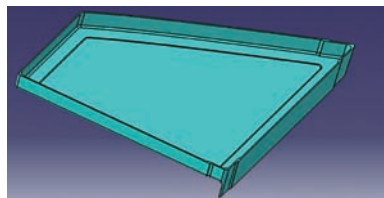


图5 角盒实体

程序检验途径, 广泛应用于航空大型复杂型面数控程序验证及工艺验证, 极大地缩短了数控程序试切时间, 提高了数控程序的可靠性。

利用基于铣削机床动力学原理的参数测试分析和动力学仿真计算软件, 研究高速切削机床工艺的参数优化方法和实现过程, 可以有效地提高单位时间的金属去除率。

5. 结语

优化复杂航空产品数控加工工艺, 针对薄壁类、环类及钣金类等复杂曲面零件加工进行区域划分。针对不同区域特点, 采用不同的数控加工方法, 在子区域上选择刀具, 优化切削参数、走刀路线, 充分应用AMT技术及先

进的数控机床, 基于高速切削理论, 实现数控编程与数控机床仿真为一体的高效加工。

参考文献:

- [1] 孙大涌. 先进制造技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999.
- [2] 刘雄伟. 数控机床操作与编程培训教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.
- [3] 焦向东. 基于快速原型技术的金属模具制造发展现状[J]. 制造技术与机床, 2000 (7): 8-9.
- [4] 刘战强, 艾兴, 宋世学. 高速切削技术的发展与展望[J]. 制造技术与机床, 2001 (7): 5-7.
- [5] Yusuf Altintas. 数控技术与制造自动化[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.

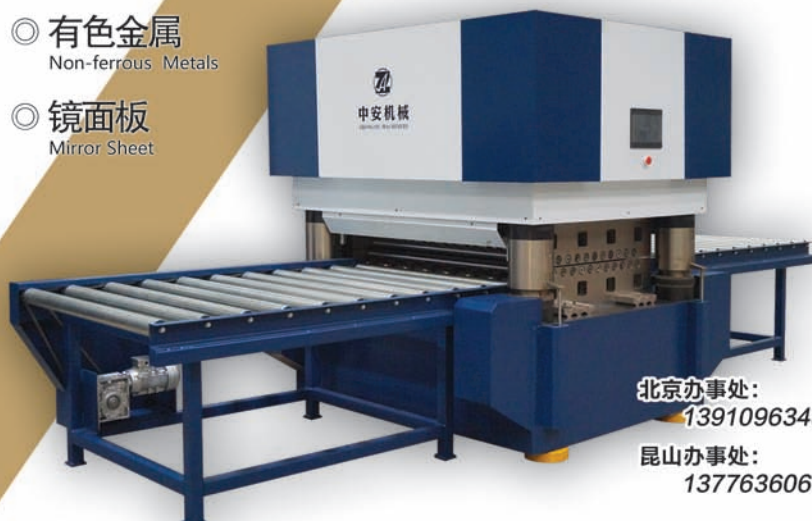
MW (收稿日期: 20160809)



提供**24小时**
精密矫平加工服务

液压式精密矫平机
Hydraulic Traceless Precision Leveler

- ◎ 板料
Sheet Metals
- ◎ 平面零件
Flat Parts
- ◎ 有色金属
Non-ferrous Metals
- ◎ 镜面板
Mirror Sheet



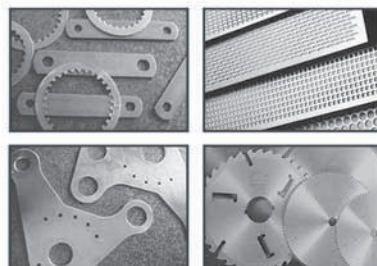
北京办事处:
13910963480
昆山办事处:
13776360656

板料 - 矫平设备

Leveling equipment for sheet metals

棒材 - 矫直设备

Straightening equipment for bars



常州市中安机械制造有限公司

中国·江苏常州市武进高新区凤翔路23号

手机: 13606144635 / 18306110052

电话: +86 (0) 519 86502221

传真: +86 (0) 519 86502804

网址: www.zamake.com

邮箱: czza-1008@163.com

◆广告 查询编号: 1810