

某特种泡沫类大型薄壁曲面零件加工

■ 中国电子科技集团公司第38研究所 （安徽合肥 230088） 张玲丽 曾苏昀 郑 杰

摘要：在某特种软质泡沫类大型薄壁曲面零件的加工中，巧妙采用创新设计思路和方法进行工艺设计和实施，利用设计模型图直接转换进行三维数控编程，运用电子模型实体仿真技术，解决了切削、装夹和脆性崩裂等难题，实现了特种材料大型薄壁曲面加工方法的突破。



软质聚氨酯泡沫塑料是由异氰酸酯和羟基化合物经聚合发泡制成，因其耐油、绝热和自熄等性能，被我所某无人机项目所采用。该套产品的零件设计形状多样，是一个集特种材料、多曲面和薄壁大件为一体的综合性课题，面对装夹困难、易变形和易脆性崩裂等诸多难题，我们通过对曲面结构及材料性能进行认真研究，采用创新性设计思路和方法进行工艺设计和实施；利用设计模型图直接转换进行三维编程，并在加工路径和程序参数上做了一些优化，使加工过程中材料受力均匀，减少振动和变形；运用电子模型进行实体仿真等措

施，解决了切削、装夹和脆性崩裂等难题，使所有无人机泡沫板类零件加工完全满足设计结构要求，并顺利装配完成，实现了特种材料大型薄壁曲面加工方法的突破。

1. 加工难点分析

难点一：空间曲面的装夹和定位难。如图1所示是其中两种典型代表的结构形状，整套产品中，这种结构复杂的薄壁曲面有数十种形状，在第一面加工完后，第二面加工基准难找正，且零件易松动。

难点二：脆性材料薄壁加工的完整性难。其中最大尺寸达到1400mm×700mm×90mm，加工

成形后最薄处仅1mm。软质聚氨酯泡沫塑料本身就具有易脆性，加上整体去除量大，且很薄，在加工过程中极易产生变形及脆性崩裂，导致无法满足设计要求。

2. 加工工艺创新

按照传统工艺方式，此类零件的正面曲面加工成形后，反面及侧面的定位、装夹都很困难。为有效地实现零件多面特征装夹，同时保证曲面特征精度，避免零件缺损。经过集体论证，决定采用“围框式”的加工方案：备料→数控铣削 $>2m$ →钳。具体实施内容如下：

（1）备料毛坯单边预留30mm，创建围框式边界，如图2所示。一方面可以利用单边直角

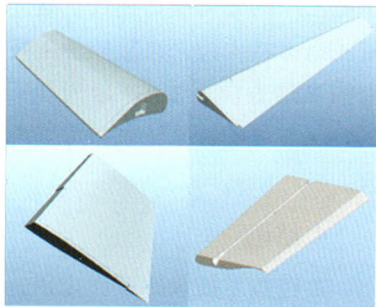


图 1

基准定位,使正反面基准统一。同时预留的四周余量可用于搭压板装夹。

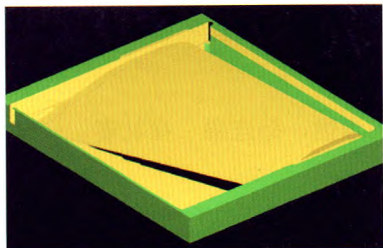


图 2

(2) 数控铣削采用对称加工正反面特征。在加工正面时,与反面交接处不铣通,保留约1mm余量;反面加工时,与反面交接处不铣通,保留约1mm余量,使得正反面曲面交接处的外形四周保留约2mm支撑筋,如图3所示。

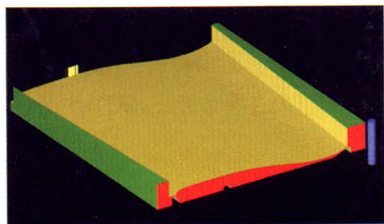


图 3

(3) 最后钳工去除多余残料,使空间曲面成形。

此方案可以充分发挥制造部在精密加工方面的经验和优势,因涉及工种少,既简化了工艺流程,又较好地控制了成本和周期。

3. 数控铣加工过程的重点控制

本工序是核心工序,曲面的形位尺寸精度等均由此道工序控制,需要优化选择刀具、切削方式和切削参数等工艺要素,从而兼顾加工精度、表面质量和效率。我们尝试利用设计模型图直接转换,进行Mastercam三维编

程,并在加工路径和程序参数上做了优化,采用曲面挖槽粗加工,节省了加工时间;精加工曲面时,采用等高外形加工,使加工过程中材料受力均匀,减少振动和变形,提高了精度;采用低转速,降低了刀具磨损;运用电子模型进行实体仿真,通过仿真模拟最佳曲面加工路径(见图4),并采用正交试验法进行分析和试验,通过效果比对,将误差精度控制在0.1mm范围内,最大程度地还原曲面形状和尺寸。具体优化加工参数如下:

(1) 选用 $\phi 16\text{mm}$ 立铣刀粗加工曲面,切削方式采用挖槽粗加工,切削深度为每层10mm,转速12 000r/min,进给速度1 200mm/min。

(2) 选用 $\phi 12\text{mm}$ 立铣刀半精加工曲面,切削方式采用等高外形精加工,切削深度为每层0.5mm,转速20 000r/min,进给速度1 800mm/min。

(3) 选用 $\phi 10\text{mm}$ 球刀精加工曲面,切削方式采用曲面流线,切削深度为每层0.2mm,转速25 000r/min,进给速度2 000mm/min。

(4) 选用 $\phi 6\text{mm}$ 球刀清除残料,切削方式采用曲面流线,切削深度为每层0.1mm,转速30 000r/min,进给速度2 800mm/min。

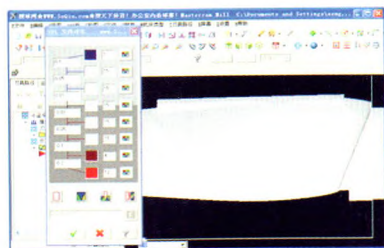


图 4

随后的生产实践证明这是一个兼顾了质量和效率的成功方案。

4. 结语

该类型零件的数控加工尚属首次,通过工艺创新设计和实施,我们成功地完成了某无人机组件的首次制造,结合自身制造条件,兼顾了质量、周期和成本,取得了较好的效益,为设计改进工作提供了有效保障。以上工艺方法及数控编程方式可运用到类似零部件的加工中,为以后加工此类特殊材料大型三维零件提供了新思路,为三维多曲面数控编程提供了技术支持。

参考文献:

- [1] 张文博,余文骊,董炜星,等.聚氨酯/环氧树脂泡沫材料的制备及性能研究[J].中国塑料,2012(6):22-27.
- [2] 胡如夫,巫修海.Mastercam中文版教程[M].2版.北京:人民邮电出版社,2008.
- [3] 哈尔滨工业大学,上海工业大学.机械加工工艺理论基础[M].2版.上海:上海科学技术出版社,1988.

MW (收稿日期:20170112)

专家点评

作者在软质泡沫类薄壁零件的曲面加工中,创新设计思路和工艺方案,将设计模型图直接转换后进行三维数控编程,采用“围框式”毛坯加工方法,对称加工薄壁零件的正反面,解决了装夹、切削和脆性崩裂等难题。