

Using Dynamic Milling Strategy and Vacuum Adsorption Method are Used to Complete the Processing of Metal Thin-walled Parts

Jianshe Qiu Xuelin Wang Shaokai Fei Huaijin Fang

Jiangsu Automation Research Institute, Lianyungang, Jiangsu, 222001, China

Abstract

Aiming at the problems of uneven removal allowance of large metal wall panel parts, unstable cutting force, unbalanced cutting load and too long auxiliary time in the milling process by using the traditional tool path and clamping method, the dynamic milling method and vacuum adsorption clamping method are proposed to effectively solve the problem of part deformation after rough machining of wall panel, the production efficiency is greatly improved and the production cost is greatly reduced.

Keywords

vacuum sucker; dynamic milling; metal thin-walled processing; 3D solid programming

采用动态铣策略和真空吸附方式完成金属薄壁件的加工

邱建设 王学林 费绍凯 方怀金

江苏自动化研究所, 中国 · 江苏 连云港 222001

摘要

针对大型金属壁板类零件去除余量不均匀, 采用传统刀路和装夹方式在铣削过程中的切削力不稳定、切削负载不均衡导致加工变形以及辅助时间过长等问题, 提出了采用动态铣削方式和真空吸附的装夹方式, 有效解决壁板粗加工后零件变形的问题, 使生产效率大大提高, 生产成本大幅降低。

关键词

真空吸盘; 动态铣削; 金属薄壁加工; 三维实体编程

1 引言

论文在用动态铣削替代传统端铣刀分层铣削方法的基础上, 综合考虑刀具优选和切削参数对切削过程的影响, 针对性地采取了有效措施, 以确保生产效率的提升和刀具成本的降低。

2 零件工艺分析

2.1 零件结构分析

某产品用壁板零件如图 1 (a)、如图 1 (b) 所示, 零件正面有三处封闭沉框, 反面有凸台、沉框、筋板、减轻槽等特征, 毛坯重量 38.8kg, 加工完成后重量 4.35kg, 如图 2 (a)、图 2 (b) 所示, 去除率高达 88.7%, 材料为合金铝板 2A12H112。

【作者简介】邱建设 (1984-), 男, 中国陕西西安人, 高级技师, 从事数控加工研究。

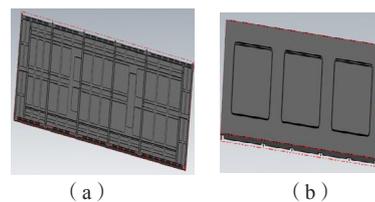


图 1 某产品用壁板零件

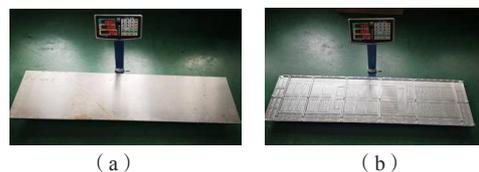


图 2 加工完成后某产品用壁板零件

2.2 加工难点分析

壁板零件加工难点有以下几点:

- ①零件形状复杂, 大面整体加工完毕金属薄壁整体厚 1.5mm, 材料的金属去除率高达 88.7%, 加工余量大, 变形量大。

②加工过程中由于切削力不稳定，尤其是中空部位加工过程中容易发颤过切。

③反面装夹困难，原工艺方案是采用压板压紧，分区域加工的方式进行加工，人工劳动强度大。

④原加工方案是分区域编程，操作麻烦，对编程和操作者的要求比较高^[1]。

3 工艺思路、加工策略

①金属薄壁零件的初始残余应力，通常与毛坯材料的受热因素有关，而加工残余应力通常在加工后才反映出来。导致金属薄壁零件的残余应力变形的两个主要因素为：受热因素和机械力因素。工件毛坯初始残余应力的消除，能有效减小零件的加工变形，最终方案为材料经加热至370℃~390℃，保温2~3h，随炉冷却，去除应力后再加工。

②正面采用虎钳夹持，完成上表面、外形、沉框和斜边等特征内容。

③反面采用3D动态铣削进行开粗，完成壁板整体余量去除。

动态铣削是为适应高速铣削加工而开发出来的一种加工策略，其刀具轨迹追求切削力的稳定，不出现剧烈的突变，包括切削力和切削方向的突然变化，确保了高速加工稳定、持续进行。因此，这种加工在高速铣削加工的粗铣阶段效果明显。常规分层铣削切宽较大而切深相对较小，MasterCAM的动态铣削技术包括2D动态铣削和3D动态铣削。使用这种工艺可以将控制金属薄壁零件变形的措施程序固化，从而避免了因操作者不同而引起的质量差异。采用“小切深，快走”走刀方式，其具有明显优势：刀具高速旋转时与工件接触的瞬间，工件被软化，切削力变小而加工速度变快；同时切削热被迅速带走，排除了切削热造成的工件变形，能保障零件加工精度和提高加工效率。在加工阶段，刀具以倾斜圆弧进刀或螺旋进刀方式切削工件材料，刀具负荷较稳定，刀轨路径方向不改变，在选择切削参数时，以提高生产率为主，采取高进给率、小切削量和高切削速度的原则。

④反面采用真空吸附方式装夹。

真空吸附技术是利用真空系统与大气压力形成的压力差实现物体的固定、抓取或移动，近年来在工业自动化生产中的应用愈发广泛。在机械加工领域，真空吸附是利用真空发生装置产生的真空压力作为动力源，通过真空吸盘吸附固定物体，以达到高效夹持工件的目的。真空吸盘具有制造简单、价格便宜、定位精度高、被加工零件变形小、装卸便捷的优点。

⑤反面加工在工件三处沉框处垫薄板辅助支撑。

⑥采用三维实体进行编程，实现编程高效同时利用实体仿真功能进行验证降低出错率^[2]。

4 实施加工过程

工序1加工内容见表1，工序2加工内容见表2。

表1 工序1 加工内容

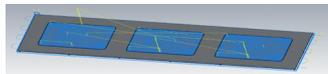
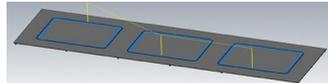
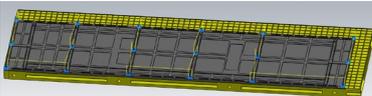
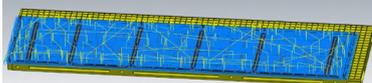
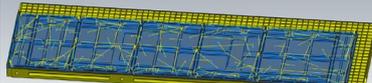
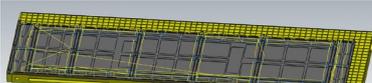
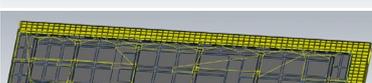
序号	加工内容	夹具	主要加工过程图
1	壁板正面上表面粗精加工	虎钳	  
2	四周外形粗精加工		
3	2D动态铣削粗加工三处沉框		
4	挖槽精加工三处沉框		
5	斜边粗精加工，去除毛刺倒角		
6	加工完成后效果		

表2 工序2 加工内容

序号	加工内容	夹具	主要加工过程图
1	壁板反面上表面的粗加工	真空吸盘	      
2	圆凸台上表面的精加工		
3	圆凸台外形的粗精加工		
4	3D动态铣削整体粗加工		
5	3D动态粗加工后残料加工		
6	各减轻长圆槽的粗精加工		
7	壁板底面内腔的精加工		
8	壁板内腔侧面外形精加工		
9	内腔残料的粗精加工		
10	螺纹孔位打点定心		
11	螺纹底孔钻成		
12	去除毛刺倒角		
13	加工完成后效果		

最后，加工的成品见图 3^[1]。

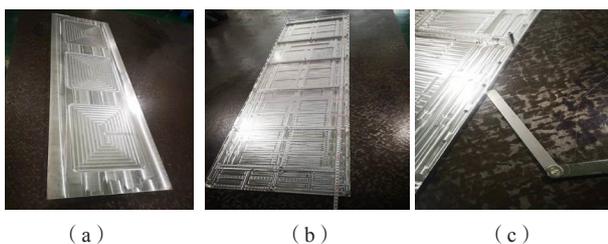


图 3 加工的成品

5 刀具加工参数

通过对该零件材料的物理性能、加工要素以及现场加工设备性能进行分析研究，最终选择在海天龙门加工中心上完成壁板的加工，具体加工参数见表 3、表 4。

6 结语

利用该工艺方案，以良好的质量、高效的加工效率、优异的变形控制量圆满完成了金属薄壁壁板零件的生产加工，加工效率较之前工艺方案整体提高了 30% 以上。

表 3 正面加工参数、虎钳装夹

序号	刀具类型	直径 (mm)	刀具材料	主轴转速	进给速度	切削深度 (mm)	切削宽度 (mm)	加工内容
1	面铣刀	80	硬质合金	S3500	F1500	1.5	70	加工上表面
2	立铣刀	12	硬质合金	S5500	F2400	14	2	粗精加工外形
3	立铣刀	20	硬质合金	S5000	F2000	1.8	16	粗加工三处沉框
4	立铣刀	20	硬质合金	S5000	F1500	0.2	16	精加工三处沉框
5	球头铣刀	10	硬质合金	S5500	F2000	0.1	0.1	加工三处斜面
6	倒角刀	6	硬质合金	S5500	F1200	0.1	0.1	去毛刺倒角

表 4 反面加工参数、真空吸盘吸附

序号	刀具类型	直径 (mm)	刀具材料	主轴转速	进给速度	切削深度 (mm)	切削宽度 (mm)	加工内容
1	面铣刀	80	硬质合金	S3500	F1500	1.5	70	加工上表面
2	立铣刀	12	硬质合金	S5500	F1200	1.5	12	加工圆凸台表面
3	立铣刀	8	硬质合金	S5000	F1200	0.5	8	粗精加工圆凸台
4	立铣刀	12	硬质合金	S5500	F3000	14	4	壁板整体开粗
5	立铣刀	6	硬质合金	S5500	F1200	0.2	6	减轻长圆槽
6	立铣刀	4	硬质合金	S5500	F1200	0.2	6	减轻长圆槽
7	立铣刀	10	硬质合金	S5500	F1800	0.2	8	壁板底面精加工
8	立铣刀	10	硬质合金	S5500	F1500	0.2	0.2	壁板侧面精加工
9	中心钻	2	高速钢	S2500	F120	1.2	2	孔位打点
10	钻头	3.2	高速钢	S3000	F120	2	3.2	钻螺纹底孔
11	倒角刀	6	硬质合金	S5500	F1500	0.1	0.1	去毛刺倒角

参考文献

- [1] 王书建.基于MasterCAM和Vericut虚拟数控加工技术的研究[D]. 济南:山东大学,2016.
- [2] 杨秀文.MasterCAM应用教程[M].北京:清华大学出版社,2009.
- [3] 汪玉平,王立新,刘德平.MasterCAM 软件在数控加工中的应用研究[J].机床与液压,2018,38(2):3-5+8.