

单点渐进成形参数对成形件厚度均匀性影响的研究

黄书经

(宁德职业技术学院机电工程系 福建 福安 355000)

摘要: 单点渐进成形件厚度均匀性是成形质量的一个重要指标, 为了能够得到更好的成形质量, 首先, 通过正交试验探索了层进给量、工具头直径和主轴转速对板料单点渐进成形厚度均匀性的影响, 通过对实验结果进行分析得出影响大小为: 工具头直径>主轴转速>层进给量; 其次, 通过使用控制单一变量法进一步研究主轴转速和层进给量对板料渐进成形厚度均匀性的影响。通过对实验结果进行分析得出: 随主轴转速的增加板料厚度均匀性越差; 随着层进给量的增加板料的厚度均匀性先变差, 达到一定值后再变得越来越好。

关键词: 单点渐进成形; 正交试验; 板料厚度均匀性; 加工参数

0 引言

单点渐进成形是一种柔性制造技术, 特别适用于单件及少批量产品的生产, 符合现在产品设计与生产特点, 因此具有良好的前景, 但由于成形件的成形质量还未达到工业水平, 因此该技术还未得到广泛的应用。周六如等根据材料体积不变原理可推导出 变形区材料厚度符合正弦定理, 并通过实验验证了正弦定理的合理性。陈继平等通过比较不同加工条件下实测板料厚度与正弦定理的预测值进行对比, 研究了正弦定理对渐进成形锥形件壁厚预测的适用范围和精确度。李燕乐等使用 Box-Behnken 方法设计了实验, 并使用超声波测厚仪测得的数据表明在渐进成形过程中厚度变化并不是一直遵循正弦定律的, 而是出现了过度减薄的现象。之前的研究发现渐进成形过程中存在减薄和厚度分布不均等问题。但是, 对加工参数(层进给量、工具头直径和主轴转速)对成形厚度均匀性影响方面的研究还存在不足之处。因此, 本文主要研究加工参数对渐进成形厚度均匀性的影响。

1 实验设计与分析

1.1 实验条件与方案

本人之前主要研究的是回弹对成形精度的影响。主要研究有: 采用正交试验法分析了加工参数对回弹量的影响, 并通过改变加工参数来控制加工过程中的回弹量, 以及采用负补偿的方法来减少成形件的回弹量, 从而提高成形件的成形精度。通过实验方法得出回弹量随补偿值变化规律, 并采用最小二乘法原理对其进行拟合得到相应关系式的表达式, 使之能够在加工之前预测出成形件的回弹量。为了研究加工参数对成形件厚度均匀性的影响, 通过分析得出在渐进成形过程中, 影响成形件厚度均匀性的成形参数主要有层进给量、工具头直径和主轴转速, 因此本文选取层进给量、工具头直径和主轴转速作为正交试验的三因素, 同时每个因素选取三个水平, 根据实验条件选取如表 1 所示的正交试验表。

表 1 正交试验表

水平因素	A: 层进给量 $\Delta z/\text{mm}$	B: 工具头直径 d/mm	C: 主轴转速 $s/(\text{r}/\text{min})$
1	0.2	6	2000
2	0.4	8	3000
3	0.6	10	4000

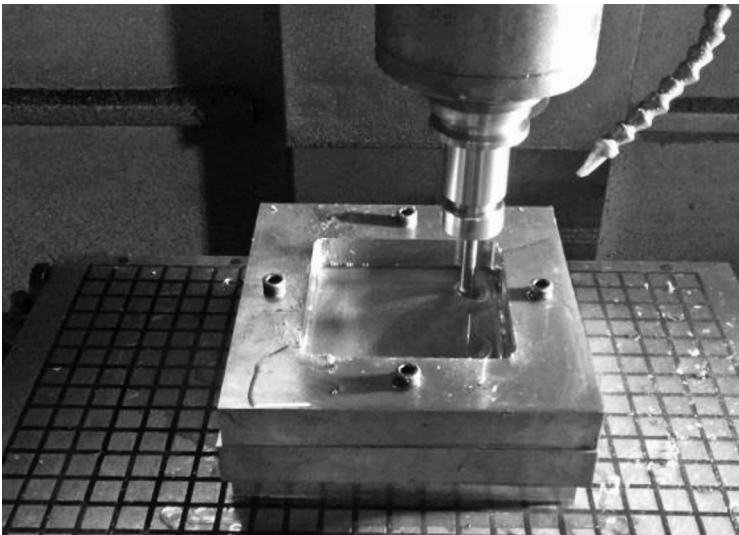


图 1 实验加工设备与夹具

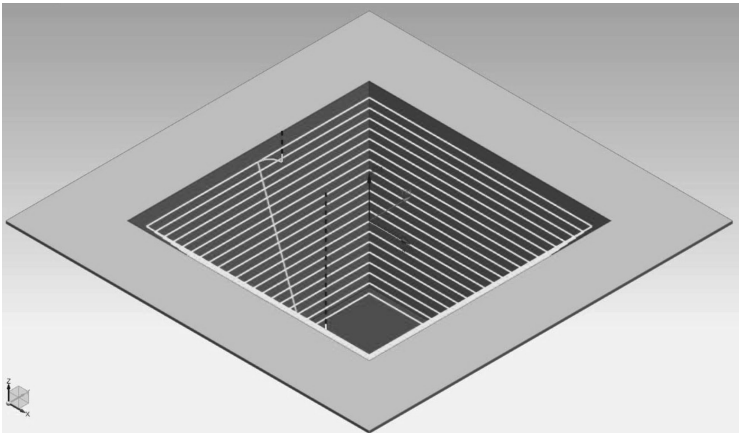


图 2 刀具路径

成形件为方锥台零件，零件开口 100mm×100mm，成形深度 40mm 且成形角为选择 50°，机床进给速度 1000mm/min，成形板料厚度为 1mm，尺寸为 150mm×150mm 的 6061 铝板。本次实验采用专用夹具夹住板料，在 UG 软件中自动生成加工路径轨迹及数控指令导入数控铣床对板料进行加工，加工设备如图 1 所示，刀具路径如图 2 所示。

1.2 实验结果与分析

试件加工完成后，采用线切割设备切割出厚度测量截面。根据切割截面发现板料的厚度分为三个区域：微变形区（试件顶部和底部）、过渡区和厚度稳定区，如图 3 所示。在厚度稳定区域选取 10 个测量点测量试件厚度并采用这 10 个点厚度的标准差来衡量厚度均匀性。

$$\delta = \sqrt{\frac{((t_1-t)^2+(t_2-t)^2+\cdots+(t_{10}-t)^2)}{10}}$$

正交实验中，R 值越大则表明该因素对对实验结果影响越大,即板料的厚度均匀性越差。由表 2 中数据可以得出：

三个水平因素中，工具头直径的 R 值（0.016）最大，主轴转速的 R 值（0.012）次之，层进给量的 R 值（0.002）最小。因此，对板料厚度影响大小顺序为：工具头直径>主轴转速

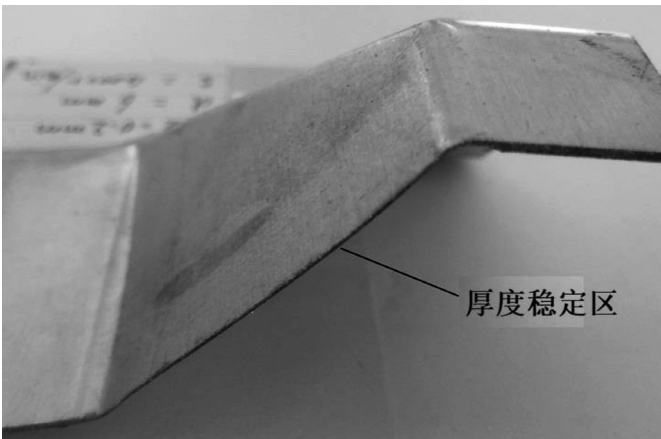


图 3 试件截面

表 2 正交试验检测结果

组数	层进给量△ z/mm	工具头直径 d/mm	主轴转速 s/（r/min）	厚度标准方差 /δ
1	0.2	6	4000	0.010
2	0.2	8	3000	0.020
3	0.2	10	2000	0.011
4	0.4	8	4000	0.012
5	0.4	10	3000	0.017
6	0.4	6	2000	0.011
7	0.6	10	4000	0.019
8	0.6	6	3000	0.010
9	0.6	8	2000	0.013
K1	0.041	0.031	0.035	
K2	0.040	0.045	0.047	
K3	0.042	0.047	0.041	
R	0.002	0.016	0.012	

表 3 主轴转速对板料厚度均匀性影响实验安排表及结果

层进给量（mm）	工具头直径（mm）	主轴转速（r/min）	板料厚度标准差
0.4	10	1000	0.01
0.4	10	2000	0.01
0.4	10	3000	0.021
0.4	10	4000	0.028
0.4	10	5000	0.034

表 4 层进给量对板料厚度均匀性影响实验安排及结果

层进给量（mm）	工具头直径（mm）	主轴转速（r/min）	板料厚度 标准差
0.2	6	4000	0.017
0.4	6	4000	0.034
0.6	6	4000	0.055
0.8	6	4000	0.019
1	6	4000	0.007

> 层进给量。正交试验这 9 组方案中第 1 组（层进给量 0.2、主轴转速 4000r/min 和工具头直径 6mm）和第 8 组方案（层进给量 0.6、主轴转速 4000r/min 和工具头直径 6mm）厚度方差值最小（为 0.10）即板料厚度均匀性最好。

为了进一步研究主轴转速与层进给量对板料渐进成形厚度的影响，分别采用控制单一变量法来研究这两个因素对成形厚度均匀性的影响，实验安排及结果如表 3 和表 4 所示。对实验结果进行分析得出：板料厚度均匀性随主轴转速的增加而降低，如图 4 所示。实验结果表明板料的厚度均匀性随着层进给量的增加先增加，达到一定值后再减小，如图 5 所示。

2 结语

通过此次实验结果进行分析，得到以下结论：

（1）通过对实验结果进行分析得出对于板料厚度影响大小为：工具头直径> 主轴转速> 层进给；

（2）通过对实验结果进行分析得出：板料厚度均匀性随主轴转速的增加而降低。实验结果表明板料的厚度均匀性随着层进给量的增加先增加，达到一定值后再减小。

参考文献：

[1] 周六如, 莫健华, 肖祥芷. 板料零件数控渐进成形工艺研究 [J]. 塑性工程学报, 2003, 10(4): 27-29.
[2] 朱虎, 韩福辰, 林雯雯. 数控渐进成形板料尺寸自动确定方法研究 [J]. 锻压技术, 2013, 38(6): 32-36.

[3] 赵仕宇, 詹艳然, 周超. 板料数控渐进成形过程金属变形行为分析 [J]. 中国工程机械学报, 2014, 12(2): 140-144.
作者简介: 黄书经 (1986-), 男, 汉族, 福建三明人, 硕士研究生, 讲师, 研究方向: 模具数字化设计与制造。

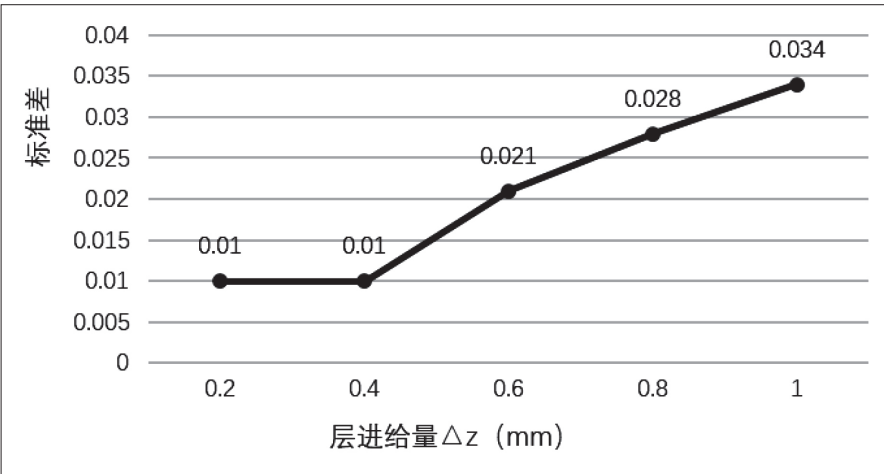


图 4 层进给量对板料厚度的影响

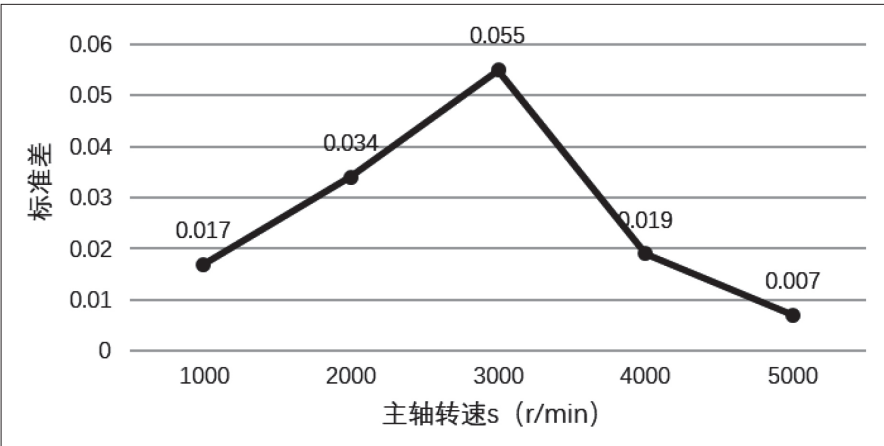


图 5 主轴转速对板料厚度的影响

