

# 数控渐进单点翻边在板料成形中的应用

何正琛

(成都航空职业技术学院机电工程学院 四川成都 610021)

**摘要:** 数控单点翻边是指沿曲线或直线将薄板胚料边部或胚料上的预制孔边部窄带区域的材料弯折成竖边的塑性加工方法。翻边可以用来制作装配孔,提高零件刚度、强化大型钣金件的边部强度,制作特定形状的部件等,作为板料成形中重要的加工工艺,在各行各业有着十分广泛的应用。翻边可以用来制作装配孔,提高零件刚度、强化大型钣金件的边部强度,制作特定形状的部件等,作为板料成形中重要的加工工艺,在各行各业有着十分广泛的应用。本文介绍了当前数控渐进单点翻边工艺在板料成形中发展情况及不同翻边工艺。

**关键词:** 单点翻边、工艺参数、渐进成形

中图分类号: TG2 文献标志码: B

## 0 引言

渐进成形技术是一种最早由日本学者松原茂夫于 20 世纪 90 年代初首次提出的新型金属板料成形工艺,其成形原理类似于旋压成形,都是通过小的局部塑性成形累积,最终得到最终的零件形状<sup>[1]</sup>。而翻边成形技术是在渐进成形技术上发展而来的,传统的翻边成形包括有冲压成形翻边和旋压成形翻边两种类型。但是这两类翻边成形的方式有很多的不足:需要专用模具和设备、被加工零件的形状有所限制等。随着人们对产品要求的提高,翻边成形技术也取得了巨大的进展。

## 1 国内外研究现状

### 1.1 国内研究现状

南京航空航天大学崔震团队以铝板为研究,试验研究了成形工具头不同直径、不同的进给量和不同孔径板料在圆孔翻边中的影响,分析了其失效形式及极限翻边情况。他们还开发了负向渐进成形设备和不同工艺参数对翻边成形性能的影响<sup>[2]</sup>。

上海交通大学的杨大强等人通过试验发现,与传统的采用专用模具方式扩孔,通过单点渐进翻边工艺可将成形件扩孔率提高 24.4%,因为渐进成形扩孔工艺的变形模式主要是剪切变形和弯曲变形的相互作用结果。其厚度分布与初始板料厚度在直径方向上不满足正弦定理<sup>[3]</sup>。

华中科技大学在板料翻边成形方面做了大量的研究,同时开发数字化渐进成形设备成形金属板料。吴胜军等人使用 DEFORM3D、LS/DYNA 等模拟分析平台构建有限元模型。莫健华等人设计了多道次成形路径进行直壁件的成形<sup>[4-5]</sup>。



图 1 华中科技大学开发的渐进成形设备

重庆大学 Tong Wen 等人优化了现在广泛应用于渐进成形工艺的圆柱形球头工具。在他们新设计的成形工具中,将其分为三个成形区域。并将该工具与传统球头成形工具进行了对比研究,包括:圆孔翻边成形极限、异性孔翻边成形极限和成形精度等等多个方面。最终得出该成形工具优于传统成形工具,并获得了最佳形状参数<sup>[6-7]</sup>。

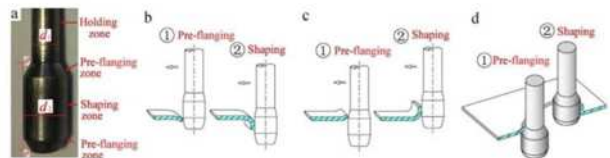


图 2 新型成形工具及成形过程示意图

### 1.2 国外研究现状

A.Petek 等人提出了可实现不同形状内孔翻边的逆成形方法,该方法在成形零部件时工具头是由下到上多道次成形。并研究了成形工具头直径、水平步长、垂直步长对零件翻边厚度和高度的影响。试验表明只要工艺参数选的合理,其冲压翻边系数比传统的更小,而翻边高度更大<sup>[8]</sup>。

Honarposhch 等人研究了应用渐进翻边工艺的复合材料在抗腐蚀方面的应用。选用不同的工艺参数对失效深度和壁厚变化进行了对比研究。目前对于复合板料的渐进工艺研究较少,而复合板材的应用性强、应用前景较大<sup>[9]</sup>。

L.Montanari 等人是从以破裂现象为着手点,研究了板料翻边过程的变形机理和失效机制,得出的结论是:孔口附近材料为双向拉伸状态而离孔口较远处材料处于平面应变状态。

Holger Voswinkel 等人主要是研究不同参数对几何精度的影响。发现在合适的参数条件下,板件的几何尺寸越大缺陷越明显。而且多道次成形也没有显著的提高成形件的几何精度。为此他们设计了一种自适应压边圈来消除零件底部上凸缺陷,从而提高零件的精度<sup>[10-11]</sup>。

意大利学者 A. Fiorentinol 研究了不同渐进翻边成形的回弹现象。从软件方面,提出了一种迭代方法来改善成形精度。其基本原理为将实际成形的零件与原始文件进行误差分析并用于修改工具头加工路径。

Hamilton 等人研究了高速工具头工艺条件对板料的可成形性,特别是伸长类变形。利用了粗糙度模型计算影响成形结果的显著性

因素, 结果表明进给量对高速运行的工具头成形条件下的制件表面质量影响最显著<sup>[12]</sup>。

## 2 数控渐进单点翻边工艺及影响因素

翻边工艺是为了提高零件的强度或者是制作与其他零件装配的部位, 它在板料件的加工中应用广泛。依据变形性质, 在传统的冲压翻边中可以分为三类: 直线翻边、伸长类翻边、压缩类翻边<sup>[13]</sup>。而渐进成形翻边的原理与传统翻边不相同。它们的成形原理和设备的结构都不相同。渐进成形翻边工艺只需要加紧工具头, 沿着在计算机中提前设定好的加工路径层加工即可, 便可得到最终的形状。其成形的原理图如下图 3 所示。在单点翻边成形过程中, 成形的工具头和被成型件之间是点点接触, 因此采用这种工艺的成形件的变形只是工具头周围比较小的一部分, 工具头的工作区域也是板料的很小一部分。随着工具头的移动, 板料会逐渐的发生拉伸变形并减薄, 面积增大, 也就是通过逐点逐层的累计变形完成整体的变形。

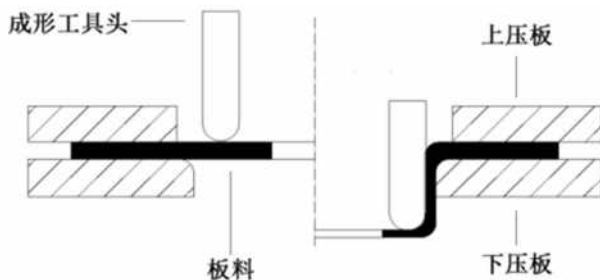


图 3 渐进翻边成形示意图

与传统的翻边成形相比, 省去了模具的部分, 大大的节约了成本, 也提高了生产效率, 同时提高了制件的成形性。

数控渐进翻边的影响因素众多: 工具头直径、转速、下压量、预制孔的形状、温度等。其中, 工具头的运行轨迹和预制孔形状对板料成形结果影响较大<sup>[14]</sup>。不同预制孔形状的单点翻边仿真模拟如下图。

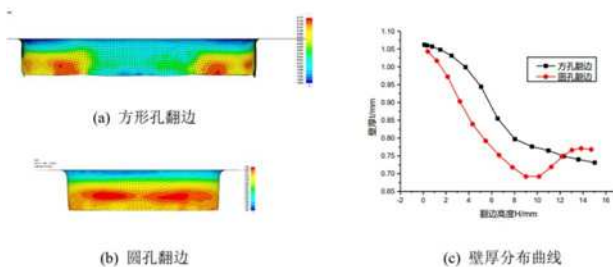


图 4 不同预制孔形状的单点翻边仿真

不同的运行轨迹成形的结果也相差巨大, 在不同的运行轨迹下, 板件部位的变形不同, 可能会导致起减薄, 成形的效果不好, 在极端的情况下会直接导致开裂。所以, 在针对不同的成形对象或同一对象设计好成形路径至关重要。其次是预制孔的形状, 如方形孔相较于圆孔, 与直角壁处连接的圆角部分变形复杂许多。成形零部件的翻边高度对成形结果也会产生影响, 高度过低成形差, 高度过高会造成制件减薄严重, 这都会降低部件的成形工艺性能。工具头的直径越大曲率越小, 板料在变形区域的曲率越小变形程度也越小。工具头进给量也会影响零件的成形性, 一般情况下进给量不能超过零件本身厚度, 通常情况下, 随着进给量的增大其工艺性能逐渐降低。

## 3 结语

作为一种新的板料成形工艺, 渐进成形翻边工艺的应用十分广泛, 但这种工艺还不够成熟, 影响成形结果的因素众多, 每个因素的影响都很复杂, 参数稍微的改变都对结果有很大的影响, 未来还需更加注重对单点翻边成形工艺参数方面的研究。

## 参考文献:

- [1] J. Verbert, Belkassam. Process window enhancement for single point incremental forming through multi-step toolpaths [J]. Manufacturing Technology, 2008: 253-256.
- [2] 崔震, 高霖, 陆启建. 数控渐进成型技术在圆孔翻边中的应用[J]. 机械工程材料, 2008, 32(7): 8-11.
- [3] 杨大强, 陆彬, 徐栋恺, 陈军. 板料的冲压模具扩孔和渐进成形扩孔的对比分析[J]. 上海交通大学学报, 2013, 23(1): 55-63.
- [4] 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.
- [5] 莫建华. 金属板料数控无模成形及快速制模[J]. 电加工与模具, 2001(1): 15-18.
- [6] Wen T, Zhang S, Zheng J, et al. Bi-directional dieless incremental flanging of sheet metals using a bar tool with tapered shoulders[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2016, 229: 795-803.
- [7] Yang C, Wen T, Liu L T, et al. Dieless incremental hole-flanging of thin-walled tube for producing branched tubing[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2014, 214(11): 2461-2467.
- [8] A Petek, K Kuzman. Backward hole-flanging technology using an incremental approach[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2012, 58(2): 73-80.
- [9] Honarpisheh, M.; Mohammadi Jobedar, M.; Alinaghian, I. Multi-response optimization on single-point incremental forming of hyperbolic shape Al-1050/Cu bimetal using response surface methodology. Int. J. Adv. Manuf. Technol. 2018, 96, 3069 - 3080.
- [10] Voswinckel H, Bambach M, Hirt G. Improving geometrical accuracy for flanging by incremental sheet metal forming[J]. International Journal of Material Forming, 2015, 8(3): 391-399.
- [11] Yanle Li, Zhaobing Liu, Daniel W J T, et al. Simulation and Experimental Observations of Effect of Different Contact Interfaces on the Incremental Sheet Forming Process[J]. Materials and Manufacturing Processes, 2014, 29(2): 121-128.
- [12] Hamilton, K.; Jeswiet, J. Single point incremental forming at high feed rates and rotational speeds: Surface and structural consequences. CIRP Ann. Manuf. Technol. 2010, 59, 311 - 314.
- [13] 张硕. 板料多向无模渐进翻边成形研究[D]. 中国学术期刊电子出版社, 2016(5), 1-5.
- [14] 顾仲. 基于单点渐进成形的伸长类翻边工艺性能研究[D]. 中国学术期刊电子出版社, 2020(5), 23-43.

作者简介: 何正琛 (1970年07月——), 男, 汉族, 四川省南部县人, 大学本科学历, 高级实验师, 主要从事数控技术教学与研究。