

电子屏蔽罩支架平面度超差原因分析及控制

张金梁¹, 曹建国¹, 邵长伟², 杜磊¹, 武欢¹, 代先东¹

(1. 四川大学机械工程学院, 四川 成都 610065; 2. 长江机械有限公司, 四川 泸州 646000)

摘要: 屏蔽罩支架是屏蔽罩的重要组成部分, 为解决屏蔽罩支架产品的平面度超差问题, 对其产生原因和工艺优化进行了分析。首先, 采用数值模拟技术, 探讨了顶料力、压边及压边力和板料工艺结构等因素对屏蔽罩支架成形质量的影响, 结果表明, 增大顶料力、添加压边圈并全拉深、增加压边力、改进工艺结构有利于抑制该薄板冲压件的翘曲倾向。然后, 根据影响因素设计了优化方案并最终通过实物实验, 发现在精冲结束后增加一道过压力为 0.01 mm 的过压整形工序, 以及更改引伸工序前面板料工艺结构为 C 型的优化方案有利于抑制翘曲, 同时采用两种优化方案可以将平面度从 0.6~0.8 mm 减小至 0.3~0.5 mm。

关键词: 屏蔽罩支架; 平面度; 回弹; 翘曲; 精冲

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2022.11.015

中图分类号: TG355.83

文献标志码: A

文章编号: 1000-3940 (2022) 11-0109-07

Cause analysis and control on flatness out of tolerance for electronic shield bracket

Zhang Jinliang¹, Cao Jianguo¹, Shao Changwei², Du Lei¹, Wu Huan¹, Dai Xiandong¹

(1. School of Mechanical Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China; 2. Changjiang Machinery Co., Ltd., Luzhou 646000, China)

Abstract: The shield bracket is an important part of shield. In order to solve the problem of product flatness out of tolerance for shield bracket, the causes and process optimization were analyzed. Firstly, the influences of ejection force, blank holder, blank holder force and sheet process structure on the forming quality of shield bracket were discussed by numerical simulation. The results show that increasing the ejection force, adding the blank holder and full deep drawing, increasing the blank holder force and improving the process structure were beneficial to restrain the warpage tendency of sheet stamping part. Then, according to the influence factors, an optimized scheme was designed, and the actual experiment was finally passed. In the addition, it is found that adding an overpressure shaping process with an overpressure amount of 0.01 mm after the fine blanking and changing the sheet metal process structure before the drawing process to a C-type are beneficial to restrain the warpage. At the same time, the two optimization schemes are adopted at the same time can reduce the flatness from 0.6~0.8 mm to 0.3~0.5 mm.

Key words: shield bracket; flatness; springback; warpage; fine blanking

电子屏蔽罩可以屏蔽电子信号, 屏蔽外界电磁波对内部电路的影响和内部产生的电磁波向外辐射。其中, 屏蔽罩支架是屏蔽罩的重要组成部分。屏蔽罩支架经常用于手机和平板电脑之中, 由于采用单工序模成形, 存在模具数量多、定位困难、误差大等问题^[1], 所以, 屏蔽罩支架多采用级进模生产。

某厂家使用级进模生产的某型屏蔽罩及其支架

存在的主要质量问题为平面度超差 (屏蔽罩支架倒扣放置于一平面, 立边与平面之间的缝隙最大宽度为 0.6~0.8 mm)。该型屏蔽罩通过焊接安装, 由于焊接的点位在支架立边处, 所以, 平面度超差将严重影响焊接的效果。数值模拟技术为冲压工艺及模具的设计与改进带来了极大的便利^[2~4], 通过数值模拟原工艺, 可以在企业自身加工能力范围内及原有设备的基础上优化工艺, 在保证生产效率与产品精度的前提下, 尽可能地提高产品平面度的合格率。

1 原工艺平面度的数值模拟结果分析

1.1 屏蔽罩生产工艺及引伸模具介绍

使用级进模生产电子屏蔽罩, 其主要冲压工序

收稿日期: 2021-12-07; 修订日期: 2022-03-08

基金项目: 四川大学-泸州市人民政府战略合作科技创新研发项目 (2021CDLZ-3)

作者简介: 张金梁 (1997-), 男, 硕士研究生

E-mail: 1109186228@qq.com

通信作者: 曹建国 (1971-), 男, 博士, 副教授

E-mail: cjgkl@sina.com

为：冲孔、按序冲裁各边、引伸（实际为折弯）、整形、两次精冲、两次角度整形、两次螺塞整形以

及落料，如图 1 所示。前面省略的几道工序为冲压件边缘形状及内部工艺结构的冲孔。

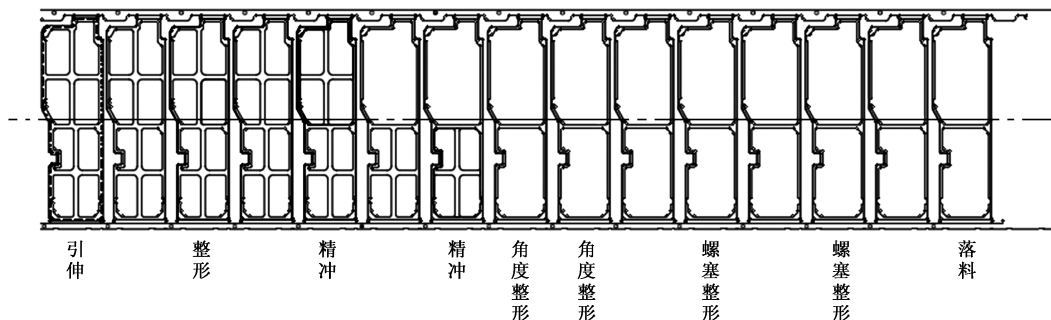


图 1 冲压工序图

Fig. 1 Stamping process diagram

图 2 为引伸工序模具结构（闭模状态），开模时托料板被氮气弹簧顶至与凹模平面齐平，闭模过程开始时上模下降，定位销与下模限位板定位，卸料板将板料两侧载体压至凹模平面上，同时凸模与托料板在同一平面内将板料夹紧，之后凸模下压 1 mm（半拉深）至托料板被限位位置，最后开模板料进入下一道整形工序。

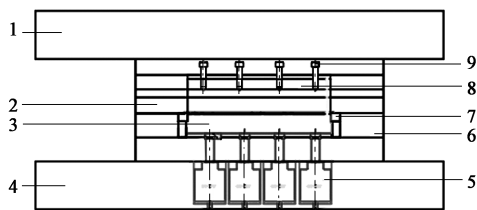


图 2 引伸工序模具结构

1. 上模座 2. 卸料板 3. 托料板 4. 下模座 5. 氮气弹簧
6. 凹模固定板 7. 凹模镶块 8. 凸模 9. 机械弹簧

Fig. 2 Mold structure of drawing process

1.2 原工艺模拟及结果分析

1.2.1 原工艺模拟

在 Dynaform 软件中设置：浅拉深与浅拉深整形工序的凹凸模间隙为 1 倍板厚（0.15 mm）；材料为洋白铜 C7701，软件中的材料库不存在该材料，故根据厂家提供的材料各项参数设置自定义材料，如图 3 所示；板料网格大小为 0.5 mm，冲压速度设置为在凸模与板料接触前为 $1200 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 、正弦曲线加载，接触后为 $800 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 、正弦曲线加载；摩擦因数为 0.05，其他参数以各方案设计为准。

模拟工序包括：重力加载、引伸工序、整形工序、精冲工序、回弹分析，其中各工序的板料主应变分布图如图 4~图 8 所示。

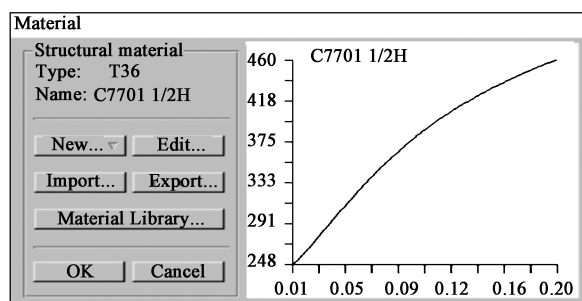


图 3 洋白铜 C7701 材料自定义界面

Fig. 3 Customize interface of cupronickel C7701 material

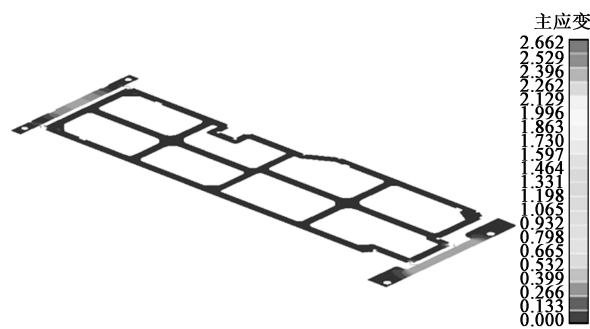


图 4 重力加载工序的主应变分布

Fig. 4 Main strain distribution in gravity loading process

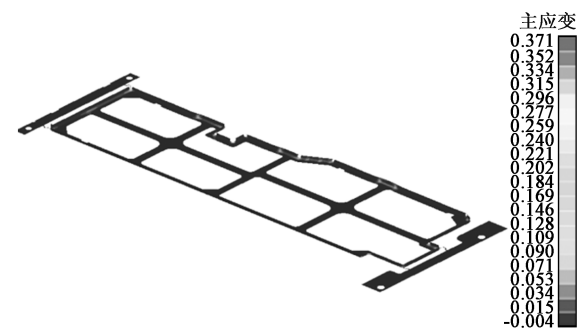


图 5 折弯工序的主应变分布

Fig. 5 Main strain distribution in bending process

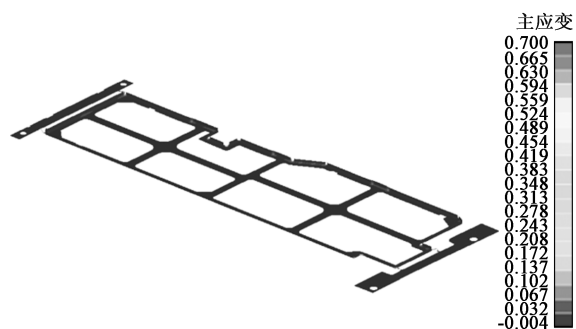


图 6 整形工序的主应变分布

Fig. 6 Main strain distribution in shaping process

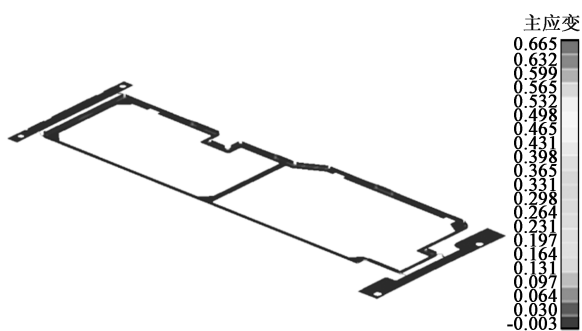


图 7 精冲工序的主应变分布

Fig. 7 Main strain distribution in fine blanking process

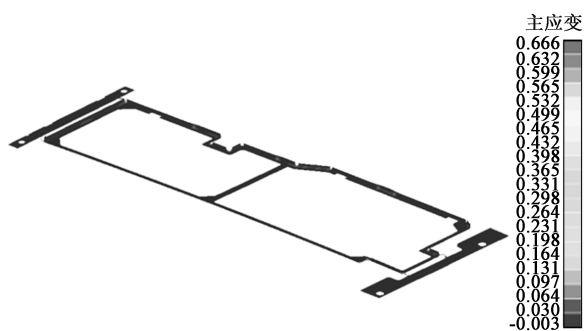


图 8 回弹分析工序的主应变分布

Fig. 8 Main strain distribution in springback analysis process

1.2.2 原工艺成形结果分析

采用原工艺成形后，屏蔽罩支架表现出了如图 9 所示的翘曲。从制造工程理论上讲，冲压成形性能是一种具有多种层级因素相互作用的系统，而系统的优劣最终表现为金属薄板制品的冲压成形难易程度和冲压成形生产的质量好坏^[5]。通过查阅资料^[6-13]可知，压边力大小、分布及加载方式，摩擦因数，凸凹模间隙，冲压速度，材料性能，冲压件形状、尺寸与工艺结构等因素均有可能对薄板冲压件翘曲问题产生影响。结合模拟结果和实际设备，对屏蔽罩支架的结构和尺寸，以及成形工艺及参数等影响因素进行重点分析。

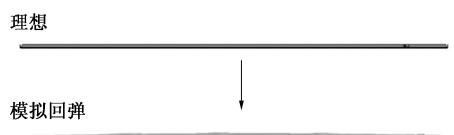


图 9 原工艺成形冲压件在精冲后发生回弹

Fig. 9 Springback after fine blanking of stamping part formed by original scheme

(1) 屏蔽罩支架结构

屏蔽罩支架结构呈不对称状态，如图 10 所示，忽略上下两侧载体，引伸工序前冲压件左侧存在两条短斜边与一处内凹结构；上侧由 3 级长短不一、错落排列的台阶状短边组成，存在多个拐角；整体上部大于下部，中心两个十字形工艺带错开分布。

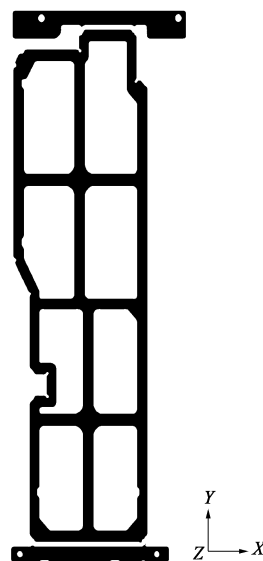


图 10 引伸工序前的板料结构

Fig. 10 Sheet structure before drawing process

如图 4~图 8 所示的各工序板料主应变分布情况，可知在该冲压工艺中对屏蔽罩支架成形质量产生主要影响的剧烈变形阶段为引伸工序。由于上述的屏蔽罩支架的复杂结构，在浅拉深及整形过程中，冲压件存在内部应力分布不均匀的情况，导致变形程度存在差异。

如图 10 和图 11 所示，由于冲压件为薄板件，形状较复杂且结构不对称，在成形过程中板料在部分区域（如短斜边、连续拐角处等）出现应力集中，且不同区域的变形程度不同，导致冲压件在不同区域的成形质量存在差异，屏蔽罩支架的翘曲问题难以消除。

由于引伸工序之后的整形工序的作用有限，屏蔽罩支架在拉伸工序中产生的不利变形未得到有效

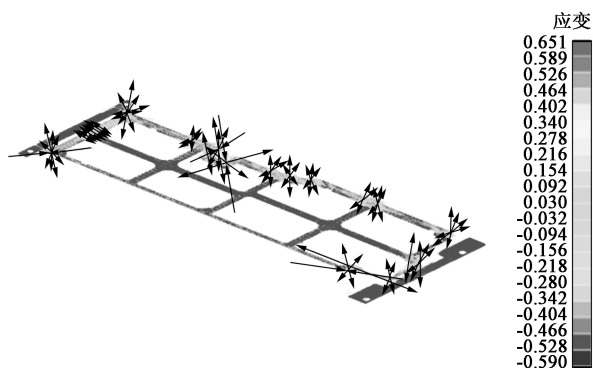


图 11 原工艺模拟的引伸后平面内应变分布

Fig. 11 Plane internal strain distribution after drawing in original scheme simulation

改善,之后的精冲工序又进一步加剧了薄板件的翘曲,所以,底面翘曲变形在后续的处理中难以被有效消除。

(2) 屏蔽罩支架尺寸

产品尺寸较小,其边缘一圈立边高度仅有 1.55 mm,板料厚度为 0.15 mm,属于金属薄板冲压件,对冲压成形工艺过程及模具结构的适应性较差;在冲压成形及卸载时,对回弹等缺陷的抵抗力较差。实际生产所用金属薄板的厚度、性能与表面状态波动也会对冲压件的最终成形状态产生影响。

(3) 成形工艺及参数

抑制薄板冲压件回弹的行之有效的办法为:在

冲压时,沿板料厚度方向对板料施加一定的力。结合本套引伸工序模具结构,氮气弹簧为托料板施加的力——顶料力即为板料厚度方向的力。原工艺中引伸模具提供的实际顶料力为 19600 N,托料板的顶料力过小,无法有效地抑制冲压件的翘曲回弹倾向。

压边并选择合适的压边力也有利于减小冲压件的回弹倾向,引伸工序中无压边结构可能导致板料回弹倾向过大。

2 屏蔽罩支架工艺优化

2.1 方案设计

主要优化思路为:通过增加托料板顶料力、在引伸工序中添加压边装置并选择合适的压边力、调整板料工艺结构等措施来抑制板料成形后的回弹。

(1) 顶料力

设计引伸工序中顶料力分别为 19600 和 30000 N,而其他工序及参数不变的两组方案,记为方案 1 和方案 2,其中,19600 N 为实际生产工艺中的顶料力大小。

(2) 压边及压边力

设计引伸工序中添加压边圈、顶料力分别为 5000 与 10000 N、而其他工序及参数不变的两组方案,记为方案 3 和方案 4。

因为厂家在实际生产中发现,在引伸工序中半

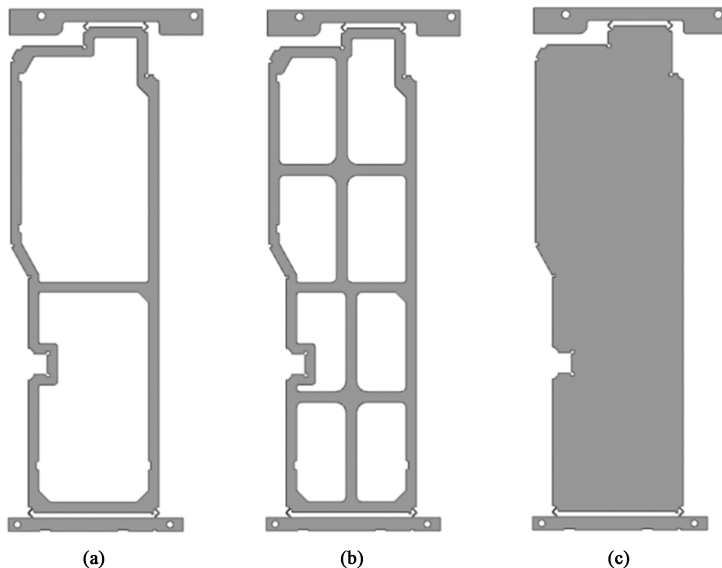


图 12 设计的 3 种板料结构

(a) 结构 A (b) 结构 B (c) 结构 C

Fig. 12 Designed sheet structures of three kinds

(a) Structure A (b) Structure B (c) Structure C

拉深（1.0 mm）较全拉深（1.8 mm）得到的冲压件的回弹小，为了验证增设压边圈后是否仍然保持这一趋势，故设计引伸工序中添加压边圈、顶料力为 5000 N、全拉深（1.8 mm）、而其他工序及参数不变的 1 组方案，记为方案 5。

（3）工艺结构

设计如图 12 所示的 A、B 和 C 这 3 种引伸前的板料结构：结构 A，板料中部冲孔一步到位；结构 B，工厂原采用的工艺结构；结构 C，引伸前板料中部不冲孔，而在后续精冲工序中一次性冲孔完毕。以上 3 种工艺结构（分别记为方案 6、7 和 8）的板料将在原工艺条件下分别进行数值模拟计算。

以上所有方案的参数统计于表 1 中。

表 1 各方案参数
Table 1 Parameters of various schemes

方案	网格尺寸/ mm	是否设置 压边圈	引伸拉深 深度/mm	工艺结构
1	0.6	否	1.0	B
2	0.6	否	1.0	B
3	0.5	是	1.0	B
4	0.5	是	1.8	B
5	0.5	是	1.0	B
6	0.5	否	1.0	A
7	0.5	否	1.0	B
8	0.5	否	1.0	C

2.2 模拟结果与分析

为衡量薄板冲压件的翘曲程度，以冲压件中部横梁中心点为计算回弹时的约束点，并采用冲压件 4 个角之间在竖直方向上的高度极差值来表征翘曲程度。其中，图 13 为所选取的约束点及板料 4 角排序，计算回弹后冲压件 4 角相对于原高度（约束点高度）的偏移，如表 2 所示。

表 2 为各方案的板料整形后的回弹翘曲程度。其中方案 1 与方案 7 均为原工艺模拟方案，两个方案的区别在于初始板料的网格大小，由于初始设定大小为 0.5 mm 的板料网格在加大顶料力方案中计算提前终止，所以在模拟该组方案中重新划分大小为 0.6 mm 的板料网格以保证正常计算，方案 1 和方案 2 的板料网格大小为 0.6 mm。方案 1 的极差值为 0.724 mm，方案 7 的极差值为 0.887 mm，模拟结果符合产品实际情况，数值模拟结果可信。

各方案模拟结果分析如下。

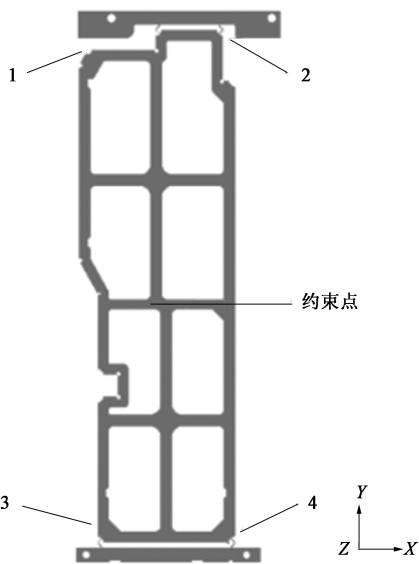


图 13 薄板件 4 角及约束点示意图
Fig. 13 Schematic diagram of four corners and constraint point for sheet part

表 2 整形后薄板件的回弹翘曲程度（mm）
Table 2 Springback and warpage degree of sheet parts after shaping (mm)

方案	角 1	角 2	角 3	角 4	极差
1	-1.013	-1.006	-0.289	-0.357	0.724
2	-0.836	-0.860	-0.530	-0.374	0.486
3	-0.309	-1.018	-0.799	0.306	1.324
4	-0.403	-0.430	0.068	-0.143	0.498
5	-0.387	-0.924	-0.621	-0.101	0.823
6	-0.346	-1.017	0.520	-0.289	1.537
7	-0.485	-1.073	-0.845	-1.372	0.887

（1）顶料力

对比方案 1 和方案 2，方案 2 中 4 角相对于中部横梁中心的偏移值的极差为方案 1 的 67.1%，方案 2 的薄板件的翘曲程度明显小于方案 1，说明增大顶料力即增大板厚方向的力（顶料力）有利于减小薄板件的翘曲倾向。

（2）压边及压边力

对比方案 3 和方案 5 可以看出，压边力为 10000 N 时，偏移值的极差小于压边力为 5000 N 时，即随着压边力的增加，4 角偏移值的极差减小，说明添加压边圈后压边力越大越有利于减小翘曲。但是，在半拉深的情况下，即使是模拟的压边力为 10000 N 时，薄板冲压件整形之后的翘曲程度也仅是略小于方案 7，不具备实际应用价值。

对比方案 4 和方案 5 可以发现，方案 4 的成形质量显著优于方案 5。这说明在引伸工序中添加压

边圈后全拉深的效果较半拉深的效果好,薄板冲压件的成形状态极佳。

(3) 工艺结构

表 2 中方案 6 的极差值为 1.537 mm,数值过大,表示工艺结构 A 增加了冲压件的翘曲倾向。

表 3 为方案 7 和方案 8 的板料精冲后的回弹翘曲程度。通过对比方案 7 的极差值 0.827 mm 与方案 8 的极差值 0.534 mm,可以确定工艺结构 C 即引伸前板料中部不冲孔而在后续精冲工序中一次性冲孔完毕有利于抑制该薄板冲压件的回弹翘曲倾向,且效果极佳。

表 3 精冲后薄板件的回弹翘曲程度 (mm)

Table 3 Springback and warpage degree of sheet parts after fine blanking (mm)

方案	角 1	角 2	角 3	角 4	极差
7	-0.387	-1.052	-0.659	-1.214	0.827
8	-0.088	-0.143	0.352	0.391	0.534

综上所述,以下措施有利于抑制该薄板冲压件的翘曲倾向:(1)增大顶料力为 30000 N;(2)添加压边圈并全拉深,且选择压边力为 10000 N;(3)工艺结构更改为结构 C。

3 实物实验

经过以上分析可以知道,增大顶料力为 30000 N、添加压边圈并全拉深、增加压边力为 10000 N、工艺结构更改为结构 C 等措施有利于抑制该薄板冲压件的翘曲倾向,保证产品平面度要求。根据上述措施进行实物实验,结果如下。

(1)在实际生产中,引伸模具中的顶料力由 4 个规格为 500 kg 的氮气弹簧提供,因为在现有的模具中没有更多的空间来增加氮气弹簧的数量,以及工厂无法提供更大规格的氮气弹簧,所以,在尽可能地利用现有设备进行改进的前提下无法增加顶料力,改进措施 (1) 无法实现。

(2)在工厂现有引伸模具中增设压边圈,由于模具尺寸与空间的限制,仅能通过卸料板上粘贴垫板的方式设置压边圈,最终试生产产品平面度结果为 0.7 mm,与原工艺相比无改善。

分析其原因为:在压边圈刚刚将板料压在凹模平面上时,凸模便与板料接触并迅速下压,由于压边圈与板料接触范围狭窄,宽度仅为 1 mm,且压边力由支撑卸料板的机械弹簧提供,在整个冲压过程

中压边圈与板料的接触时间极短、机械弹簧压缩量极少,所以,弹簧提供的初始压边力过小无法达到预期,板料受力区域狭窄,压边圈在实际生产中的作用有限,改进措施 (2) 未能达到预期效果。

(3)将工艺结构更改为结构 C,支架的翘曲程度由原来的 0.6~0.8 mm 减小至 0.4~0.6 mm,实物实验数据与模拟结果 0.534 mm 吻合,改进措施 (3) 有效。

(4)虽然增加顶料力的方案无法实现,但是模拟结果证明了增加板料厚度方向的力有利于抑制翘曲,所以,选择在精冲结束后增加一道过压整形工序,过压量为 0.01 mm。通过增加过压整形工序可以将改进措施 (3) 中冲压件的翘曲程度进一步压缩至 0.3~0.5 mm。试生产产品如图 14 所示。

根据实物实验,以下两个方案可以有效地控制手机电子屏蔽罩支架的平面度问题:(1)移除引伸前板料中部冲孔工序,使引伸工序前面的板料工艺结构更改为结构 C,然后在精冲工序中一次性冲孔完毕(记为优化方案 1);(2)在精冲结束后增加一道过压整形工序,过压量为 0.01 mm(记为优化方案 2)。

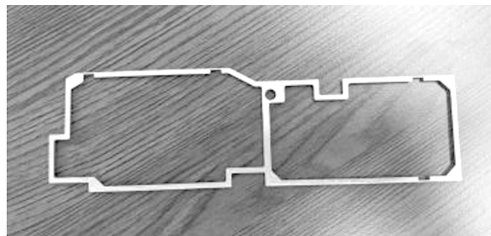


图 14 实物实验生产的薄板件

Fig. 14 Sheet part produced by physical experiment

4 结论

(1)移除引伸前板料中部冲孔工序,使引伸工序前面的板料工艺结构更改为结构 C,然后在精冲工序中一次性冲孔完毕可以抑制翘曲。

(2)在精冲结束后增加一道过压整形工序,过压量为 0.01 mm,可以进一步减小翘曲。

(3)仅采用优化方案 1,屏蔽罩支架平面度可以从 0.8~0.6 mm 优化至 0.4~0.6 mm,同时采取优化方案 1 和优化方案 2 两项措施可以将平面度进一步限制至 0.3~0.5 mm。

参考文献:

[1] 窦智. 光头屏蔽罩级进模设计 [J]. 模具制造, 2004, (12): 15-17.

Dou Z, Design of progressive die for the shield cover [J]. Die &

- Mould Manufacture, 2004, (12): 15-17.
- [2] 郭敏杰, 曾珊琪. 基于 Dynaform 的汽车纵梁工艺分析及冲压数值模拟 [J]. 热加工工艺, 2011, 40 (5): 112-114.
- Guo M J, Zeng S Q. Process analysis and stamping numerical simulation of auto carling based on Dynaform [J]. Hot Working Technology, 2011, 40 (5): 112-114.
- [3] 刘斐然, 纵荣荣, 李乐乐, 等. 汽车后风挡横梁冲压工艺仿真分析与优化设计 [J]. 河北工业大学学报, 2020, 49 (3): 55-62.
- Liu F R, Zong R R, Li L L, et al. Stamping process simulation analysis and optimization design for a car-rear-windshield-cross beam [J]. Journal of Hebei University of Technology, 2020, 49 (3): 55-62.
- [4] 李世云, 周杰, 蒋峥嵘, 等. 基于 Dynaform 汽车前纵梁延伸件的数值模拟及优化 [J]. 热加工工艺, 2011, 40 (19): 104-106.
- Li S Y, Zhou J, Jiang Z R, et al. Numerical simulation and optimization of front rails extension part based on Dynaform [J]. Hot Working Technology, 2011, 40 (19): 104-106.
- [5] 李培有. 对薄板冲压件的成形工艺及实现方法探讨 [J]. 赤子, 2012, (10): 178, 112.
- Li P Y. Discussion on forming technology and realization method of sheet stamping parts [J]. Naked, 2012, (10): 178, 112.
- [6] 李光耀, 谭长平. 基于遗传算法的变压边力模型及其在回弹控制中的应用 [J]. 湖南大学学报: 自然科学版, 2005, 32 (2): 1-5.
- Li G Y, Tan C P. A variable blankholder force model based on genetic algorithm and its application in springback analysis [J]. Journal of Hunan University: Natural Sciences, 2005, 32 (2): 1-5.
- [7] 马家鑫, 李锦锋, 陈劫实, 等. 金属薄板非均匀局部变形诱发的翘曲回弹控制方法研究 [J]. 材料科学与工艺, 2010, 18 (S1): 14-17.
- Ma J X, Li X F, Chen J S, et al. Research on the control of the warpage springback induced by non-uniform local deformation [J]. Materials Science & Technology, 2010, 18 (S1): 14-17.
- [8] 张成浩. 大型薄板金属冲压件局部特征成形平面度控制方法 [J]. 模具工业, 2021, 47 (6): 23-28.
- Zhang C H. Control method of local characteristic forming flatness of large sheet metal stamping parts [J]. Die & Mould Industry, 2021, 47 (6): 23-28.
- [9] 沈玲. 冷轧薄板冲压件成型影响因素及实例分析 [J]. 内燃机与配件, 2018, (9): 146-147.
- Shen L. Influence factors and example analysis of cold rolled sheet stamping parts forming [J]. Internal Combustion Engines & Parts, 2018, (9): 146-147.
- [10] 毛丽臣. 大型薄板局部特征成形过程中的凸包开裂与翘曲回弹控制技术研究 [D]. 长沙: 湖南大学, 2012.
- Mao L C. Research on the Control Techniques of Convex Cracking and Warping Springback Caused by Local Features Forming during the Large Sheet Parts Stamping Process [D]. Changsha: Hunan University, 2012.
- [11] 刘佳杰. 基于 DYNIFORM 的板料弯曲回弹的数值模拟研究 [D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2012.
- Liu J J. Research on the Numerical Simulation of Sheet-metal Bending Springback Based DYNIFORM [D]. Changsha: Central South University of Forestry & Technology, 2012.
- [12] 马子超, 冯再新, 苏晓波, 等. 板料弯曲成形中回弹预测和控制的研究进展 [J]. 锻压装备与制造技术, 2015, 50 (5): 59-63.
- Ma Z C, Feng Z X, Su X B, et al. Research progress on prediction and control of springback in sheet metal bending process [J]. China Metalforming Equipment & Manufacturing Technology, 2016, 50 (5): 59-63.
- [13] 赵艳龙, 齐晓冬. 高精度薄板冲压模具的设计与加工 [J]. 模具制造, 2014, 14 (8): 16-18.
- Zhao Y L, Qi X D. The design and manufacture of stamping die for high precision thin plate [J]. Die & Mould Manufacture, 2014, 14 (8): 16-18.

2023 年《热加工工艺》征订启事

《热加工工艺》(半月刊)创刊于 1972 年,是国内外公开发行的全国性热加工科技期刊,涵盖铸造、锻压、焊接、金属材料及热处理等工业领域,报道国内外热加工领域的先进科技成果和技术应用报告、企业生产及技术管理经验、热加工行业技术信息、设备采购指南等。本刊国际标准刊号:ISSN1001-3814,国内标准刊号:CN61-1133/TG。

《热加工工艺》(半月刊)是全国率先进入的中文核心期刊之一;是中国科技论文统计与分析用刊;被国内外十余种著名数据库检索收录。曾荣获全国优秀国防科技期刊评比一等奖;全国优秀科技期刊评比二等奖;2001 年光荣地入选中国期刊方阵(双百期刊),从此迈入了中国科技期刊的先进行列。

《热加工工艺》(半月刊)主要读者对象是铸造、锻压、焊接、金属材料及热处理、理化检测等相关专业的工程技术人员、管理干部、技术工人和院校师生。本刊全年出版 24 期,分上、下月出版,上半月内容以铸锻焊等金属成形技术为主,下半月内容以金属材料与热处理技术为主。定价 20 元/本,480 元/年。国内邮发代号:52-94,国外发行号:SM8143。读者可在当地邮局订阅,也可直接通过《热加工工艺》编辑部邮购,免收邮寄费。

地址:陕西省兴平市 44 信箱

邮编:713102

电话:(029) 38316271

传真:(029) 38316267

E-mail: rjggy@vip.163.com

http://www.rjggy.com, www.rjggy.net