

带卡口的盒型零件多工位级进模设计

王可胜, 吴大林

(巢湖学院 安徽省高效智能光伏组件工程研究中心, 安徽 合肥 238024)

摘要: 根据带卡口的盒型零件的结构特点和工艺分析, 优化了多工位级进模的排样设计。提出了卡口的冲锻成形新工艺, 该工艺首先在厚度为 1 mm 的铝板上冷锻出深度为 0.8 mm 的凹槽, 并在凹槽背面挤出两个斜凸台, 再沿设定的弯曲路径对凹槽进行直角弯曲, 使得两个斜凸台贴合在一起, 从而获得强度高、密封性好的卡口; 给出了切断弯曲一体模结构, 即利用双浮动机构, 运用位于弯曲凸模两侧且比其高 4 mm 的切断凸模冲切分离连接载体和工件的搭边废料, 同时弯曲凸模对工件进行弯曲; 探讨了二次浮升机构, 该机构包含两个推件块, 在弹簧力作用下, 一次推件块将制件推到与弯曲凹模模面平齐的位置时停止运动, 二次推件块继续运动, 将卡在凹模型腔中的零件插脚推出模面。试冲结果表明, 带卡口的盒型零件多工位级进模的结构独特、设计新颖, 能满足制件高精度尺寸的要求。

关键词: 卡口; 冲锻成形; 多工位级进模; 双浮动机构; 切断弯曲一体模; 二次浮升机构

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2023.01.028

中图分类号: TG386 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2023) 01-0202-06

Design on multi-position progressive die for box-shaped part with bayonet

Wang Kesheng, Wu Dalin

(Anhui R&D Center for High Efficiency and Intelligent PV Mouldle, Chaohu University, Hefei 238024, China)

Abstract: According to the structural features and process analysis of box-shaped part with bayonet, the layout design of multi-position progressive die was optimized. Then, a new process of press-forging was put forward, which first cold-forged a groove with the depth of 0.8 mm on an aluminum plate with the thickness of 1 mm, and extruded two inclined bosses on the back of the groove, and then bent the groove at a right angle along the set bending path to fit the two inclined bosses together, so as to obtain a bayonet with high strength and good sealing. Furthermore, the integrated die structure of blanking and bending was given, using the double floating mechanism, the edge scraps between carriers and workpiece were cut off by the cutting punch which was located on both sides of bending punch and 4 mm higher than it, at the same time, the workpiece was bent by the bending punch. Finally, the secondary floating mechanism was discussed, which consisted of two push blocks. Under the action of spring force, the first push block stopped moving when it pushed the part to the position flush with the upper surface of the bending die, and the second push block continued to move, pushing the pins of part stuck in the die cavity out of the die surface. The test stamping results show that the multi-position progressive die for box-shaped part with bayonet has a unique structure and a novel design, which can meet the requirements of high-precision dimensions for the parts.

Key words: bayonet; press-forging; multi-position progressive die; double floating mechanism; integrated die of blanking and bending; secondary floating mechanism

带卡口的盒型零件是液晶显示屏的主要组件之一, 该零件四边皆为 90°弯曲成形, 卡口位于弯角处。为保证该零件在无尘环境中工作, 传统工艺是在此零件卡口背面粘贴胶片以密封, 其缺点

是需耗费大量胶片且生产效率低下。近年来出现的板材冲锻成形技术可以使板材的局部厚度增厚^[1-3], 该技术可以替代焊接、铆接和机加工等二次加工工序^[4-5], 运用此技术可以将卡口加工为背面密封的盲槽结构, 省去贴胶片工序, 节约成本, 提高生产效率。

多工位级进模能够在一副模具内完成拉深、冲裁、弯曲以及装配等复杂工序^[6-8], 因具有操作安全可靠、生产效率高、可加工精度要求高的冲压件

收稿日期: 2022-03-10; 修订日期: 2022-06-27

基金项目: 安徽高校自然科学研究重大项目 (KJ2019ZD47)

作者简介: 王可胜 (1971-), 男, 博士, 教授, 高级工程师

E-mail: xclwks@126.com

等特点而受到普遍重视，基于冲锻成形的多工位级进模的设计理念逐步受到专家学者们的青睐。王方平等^[9]研究了装饰扣级进模具的结构设计；王天宝等^[10]优化了多工位级进模的排样设计；郑晖等^[11]优化了常见的模具结构及工艺参数。以上研究均有效地保证了产品的精度，较大地提高了生产效率。但对于既包含冲锻成形，又含有切断弯曲一体模结构的多工位级进模的研究，尚未见文献报道。本文开发了一种卡口的冲锻成形新工艺，可有效地保证零件的密封性能，省去贴胶片二次加工工序；在零件成形的多工位级进模的最后工位设计了切断弯曲一体模结构，在保证制件精度的同时减少了工艺流程；此外，还设计了二次浮升机构，避免了载体变形和制件的平面度超差。

1 零件工艺分析

图 1 为带卡口的盒型零件图，盒型零件的尺寸为 338 mm×142 mm×4.8 mm，其中长度和宽度的尺寸精度要求高，皆为±0.05 mm，平面度要求为≤0.15 mm，5 个 D 孔和 5 个 H 孔为装钉底孔，不可有披锋。零件厚度为 1 mm，材料牌号为 A5052-H32 铝合金，该材料的塑性和韧性较好，适合冲压成形。由于此盒型零件的尺寸精度要求高，为了减少单工序模的定位误差，采用多工位级进模^[12]。

该零件由 4 个边框组成，前、后边框和左、右边框皆向上弯曲成形；零件内部向上拉深一个大凸

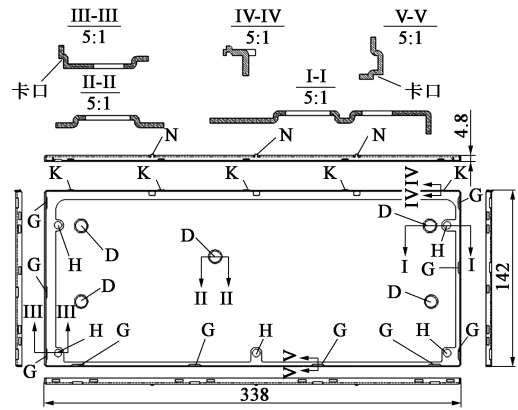


图 1 带卡口的盒型零件示意图
Fig. 1 Schematic diagram of box-shaped part with bayonet

包，凸包中的 5 个装钉底孔 D 孔处未被拉深，如图 1 的 I - I、II - II 截面所示；为了保证平面度，需一次拉深完成且放在冷锻工位之后。为了防止 10 个装钉底孔(D孔和H孔)变形，拉深后冲孔，在后工位去除孔的披锋。零件的前边框有 5 个向外半冲凸台 K (图 1 中的 IV-IV 截面)，需精密冲裁才能完成。前边框有 3 处插脚 N，高出盒型零件下表面，需要二次卸料。G 为卡口 (图 1 中的 III-III、V-V 截面)，该零件共有 10 个卡口，分别位于左、右及后边框的弯曲处，其中左、右边框各有 3 个卡口，后边框有 4 个卡口。

对于零件中的卡口 G 的结构，传统加工工艺的流程为：首先在坯料的指定位置冲孔，再进行 90°弯曲成形 (图 2)。由于成形后的盒型零件需与显示

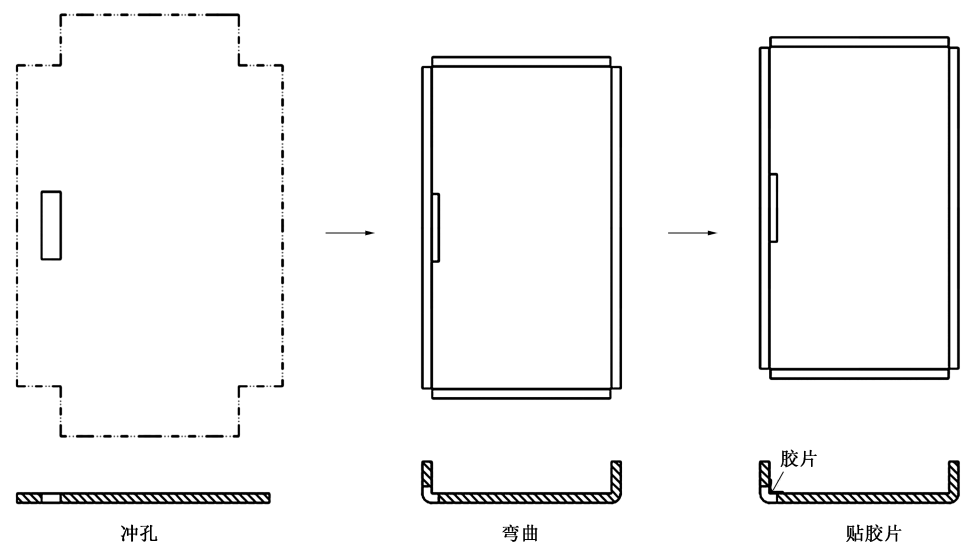


图 2 卡口的传统加工工艺流程
Fig. 2 Traditional machining process flow of bayonet

屏塑料组件装配,通常是将塑料组件的卡钩卡住盒型零件的卡口,卡钩进入卡口的深度在 0.6 ~ 0.7 mm 之间,为了防止卡口漏光、进入灰尘,需要在卡口内面贴胶片密封卡口,如图 3 所示。但是,此工艺需要二次加工贴胶片工序,工序流程长,生产效率低。

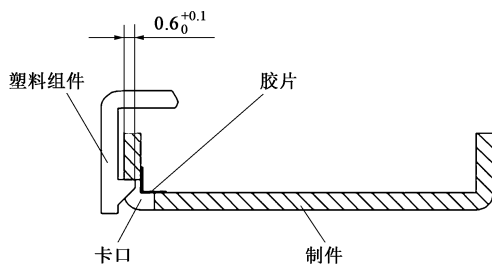


图 3 盒型零件与塑料组件装配示意图

Fig. 3 Assembly schematic diagram of box-shaped part and plastic component

经过理论计算结合实验研究,开发了一种卡口冲锻成形新工艺,如图 4 所示。该工艺首先在厚

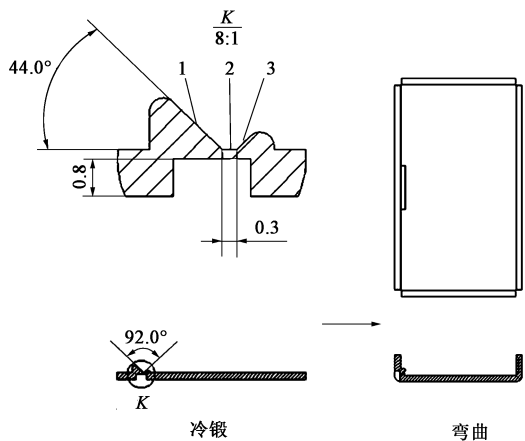


图 4 卡口的冲锻加工工艺流程图

1. 大斜凸台 2. 弯曲位置线 3. 小斜凸台

Fig. 4 Press-forging machining process flow of bayonet

度为 1 mm 的铝板上冷锻出深度为 0.8 mm 的凹槽,凹槽背面被挤出 1 个 45°三角尺型的大斜凸台 1、1 个 45°三角尺型小斜凸台 3,其均位于宽度为 0.3 mm 的弯曲位置线 2 两侧,大斜凸台 1 和小斜凸台 3 的两个斜面相向且夹角为 92.0°,然后再沿着弯曲位置线将凹槽直角弯曲,使得两个斜凸台贴合在一起,从而获得强度高、密封性好的卡口。

2 排样设计

带卡口的盒型零件的结构复杂、尺寸较大、成形难度大,需要经过冲裁、冷锻、拉深、弯曲等多种成形工序,为保证零件的质量要求,采用带料连续冲压方式。为实现多工位级进模的连续冲压和自动化生产,采用双侧载体的排样方式;为保证多工位级进模的定位精度,在两侧载体设置导正销孔导正条料的位置;为使料带浮起、防止料带变形及保证平面度的要求,设计了二次浮升机构。下模采用镶块结构,为了便于镶块安装,设置了两个空位,由零件工艺分析并结合工程经验和实验,优化了零件的排样设计。料带的宽度为 365 mm,步距为 154 mm,排样设计 11 个工位,如图 5 所示。工位 1: 冲两个导正销孔 A,冷锻 10 个凹槽 M。工位 2: 拉深成形中部凸包。工位 3: 冲 5 个方孔 C1。工位 4: 冲 1 个圆孔 B1 和 1 个椭圆孔 B2,冲 5 个方孔 C2,冲 6 个方孔 C3,冲 3 个异形槽 E,冲 5 个装钉底孔 D。工位 5: 冲上、下端废料 F,冲 5 个装钉底孔 H,精冲 5 个凸台 K,冲 2 个方孔 C4。工位 6: 冲工字型废料。工位 7: 空位。工位 8: 拍 5 个装钉底孔 D 的毛刺。工位 9: 拍 5 个装钉底孔 H 的毛刺。工位 10: 空位。工位 11: 先切断 4 个连料位 J,再 90°弯曲成形四边框。

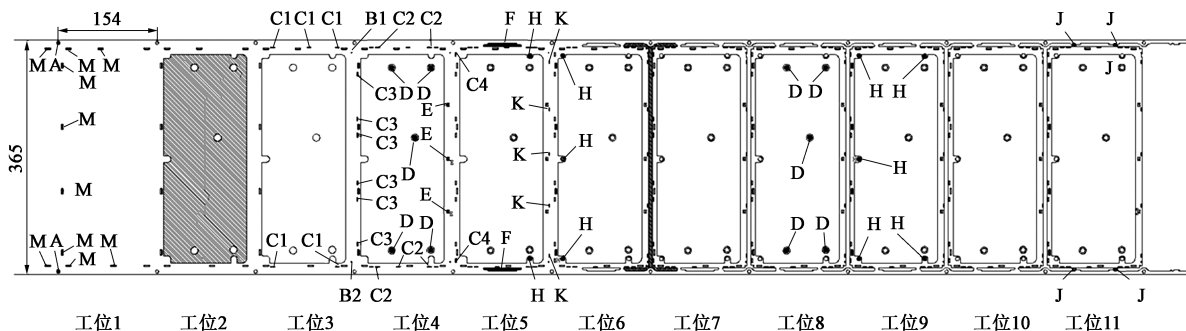


图 5 排样图

Fig. 5 Layout drawing

3 模具设计要点

3.1 卡口凹槽的冷锻模具设计

根据凹槽的冷锻工艺参数,设计了凹槽的冷锻模具结构示意图,如图6所示。其工作过程如下:上模下行,卸料板3压住坯料4及推件块10向下运动至下死点,冷锻凸模11和冷锻凹模12相互作用完成了凹槽的冷锻加工。上模回程直至上死点,上顶杆13在弹簧14的弹力作用下推动冷锻凹模向下运动,在卸料板3和冷锻凹模12的相互作用下完成了坯料4上端面的卸料工作;下顶杆9在弹簧8的弹力作用下推动推件块10向上运动,推件块10将坯料4向上推出,使其先脱离下模板5的模面、再从冷锻凸模11上脱落,从而完成了坯料4下端面的卸料工作,至此,凹槽的冷锻加工全部完成。

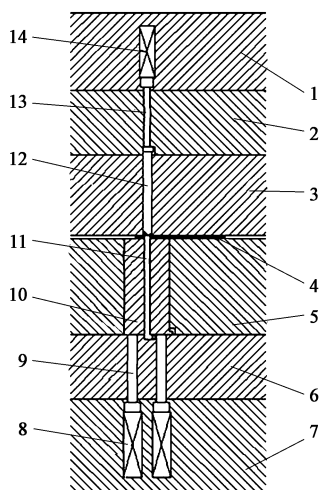


图6 凹槽的冷锻模具结构示意图

1. 上固定板 2. 卸料背板 3. 卸料板 4. 坯料 5. 下模板
6. 下垫板 7. 下模座 8. 14. 弹簧 9. 下顶杆 10. 推件块
11. 冷锻凸模 12. 冷锻凹模 13. 上顶杆

Fig. 6 Schematic diagram of cold forging die structure for groove

3.2 切断弯曲一体模结构

在图5所示的排样图中,工位11弯曲成形前、后、左、右边框,有3个工艺方案:

方案1:将4个连料位J切断,再采用另一个单工序模弯曲成形;

方案2:将4个连料位J切断,再使用模内搬运机械手将半成品搬运至下一个工位弯曲成形;

方案3:在模具工作过程中,利用切断凸模与弯曲凸模的行程高度差,先切断连料位再弯曲成形

四边框。

上述3种方案中,方案1增加了工序,而且定位精度不高;方案2的定位精度低于级进模,而且模内搬运机械手的节拍很难达到 $100 \text{次} \cdot \text{min}^{-1}$;方案3,切断废料与弯曲成形四边框在级进模的同一个工位完成,定位精度高、生产效率高、成本低。通过对比分析,工位11采用切断弯曲一体化工艺方案作为最优方案。

为了实现在同一工位完成切断和弯曲两个工序,并且满足零件高精度的尺寸要求,设计了卸料板与弯曲凸模双浮动机构,如图7a所示。在卸料板14压住制件15后,由于弹簧4的弹力远小于氮气弹簧20的弹力,所以,卸料板14和弯曲凸模26一起向上浮动;当弯曲凸模26被上固定板10挡住不再运动时,位于弯曲凸模两侧且比它高 $h=4 \text{mm}$ 的切断

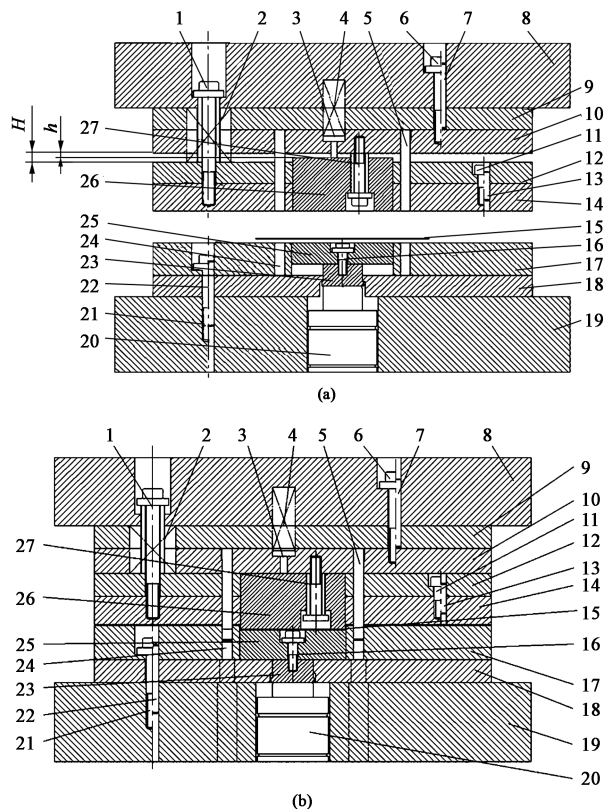


图7 切断弯曲一体模结构示意图

(a) 开模状态 (b) 闭模状态

- 1、27. 等高螺丝 2、4. 弹簧 3. 顶杆 5. 切断凸模
6、11、16、21. 螺丝 7、13、22. 定位销 8. 上模座 9. 上垫板
10. 上固定板 12. 卸料背板 14. 卸料板 15. 制件 17. 下模板
18. 下垫板 19. 下模座 20. 氮气弹簧 23. 下顶块
24. 切断凹模 25. 弯曲凹模推件块 26. 弯曲凸模

Fig. 7 Structural schematic diagrams of integrated die for blanking and bending

(a) Open-die state (b) Close-die state

凸模已冲切分离连接载体和工件的搭边废料(图5),同时弯曲凸模下行,对工件前、后边框和左、右框边进行U形弯曲。

切断弯曲一体模的工作过程如下:如图7a所示,上模下行,卸料板14压住制件15和下模板17,由于弹簧4的弹力远小于氮气弹簧20的弹力,所以,弯曲凹模推件块25静止不动;上模继续下行至下死点,卸料板14连同卸料背板12一起压缩弹簧2相对于上固定板10向上运动,同时,弯曲凸模26推动顶杆3压缩弹簧4相对于上固定板10向上运动,当弯曲凸模26上行的相对高度为 h 时停止运动,此时,切断凸模5与切断凹模24相互配合完成了4个连料位J的切断工作;卸料板14继续向上运动相对高度 $(H-h)$,其中 H 为开模状态时上固定板10与卸料背板12在竖直方向的间隙值,同时,弯曲凸模26压住制件15连同弯曲凹模推件块25、下顶块23一起压缩氮气弹簧20向下运动相对高度 $(H-h)$,模具处于完全闭合状态,如图7b所示,此时盒型零件的 90° 弯曲成形工作全部完成。随后,上模回程至上死点,如图7b所示,顶杆3在弹簧4的弹力作用下推动弯曲凸模26向下运动,同时,在弹簧2的弹力作用下,卸料板14向下运动,在卸料板14和弯曲凸模26的作用下,制件脱离了弯曲凸模26;下顶块23在氮气弹簧20的弹力作用下推动弯曲凹模推件块25向上运动,将卡在弯曲凹模型腔的制件推出,此时,切断连料位及弯曲成形全部结束。

3.3 二次浮升机构

传统的块状浮升机构浮起时,制件前边的3个插脚N(图1)仍然卡在弯曲凹模型腔中,如果仅依靠浮升销浮起,容易造成料带或者插脚变形,通常会在一次推件块的上端面设置圆柱型弹性销,将卡在弯曲凹模型腔中的工件推出凹模模面,但这种局部卸料的传统模具结构会造成本制件的平面度 $\leq 0.15\text{ mm}$ 超差。为了确保平面度尺寸符合设计要求,应设计整体卸料的二次浮升机构。二次浮升机构的工作过程如下:如图8a所示,上模下行,压杆穿过制件的装钉底孔压住二次推件块3向下运动,同时,弯曲凸模2压住制件及一次推件块8向下运动;当上模下行至下死点时,此时在弯曲凸模2、弯曲凹模5及一次、二次推件块的共同作用下完成制件4个边框的弯曲成形工作。上模回程,如图8b所示,一次推件块8在氮气弹簧7的弹力作用下向上运动,直到该一次推件块的上表面与弯曲凹模模面平齐才

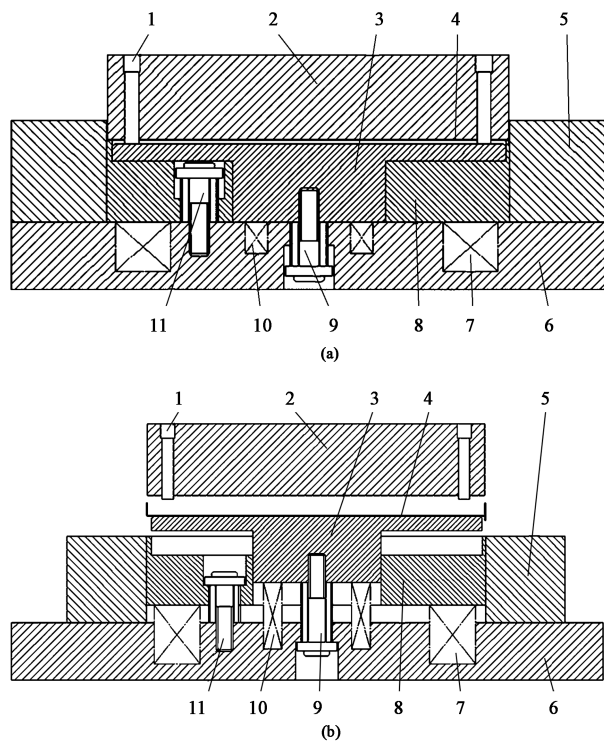


图8 二次浮升机构

(a) 闭模状态 (b) 开模状态

1. 压杆 2. 弯曲凸模 3. 二次推件块 4. 制件 5. 弯曲凹模
6. 下固定板 7. 氮气弹簧 8. 一次推件块 9、11. 等高螺丝
10. 弹簧

Fig. 8 Secondary floating mechanism

(a) Close-die state (b) Open-die state

停止运动;随后,二次推件块3在弹簧10的作用下继续向上运行,将卡在弯曲凹模型腔中的工件的3个插脚推出弯曲凹模模面,至此,二次浮升机构的工作全部完成。

4 模具实验

按照上述排样图、模具结构及相关工艺参数制造模具,并装配及调试好模具,选用厚度为 1.0 mm 、宽度为 783 mm 的A5052-H32铝合金料带,选择三合一的电子送料器,将盒型零件的多工位级进模安装在 200 t 双点压力机上进行冲压。条料自左向右送料,在第1工位冲出两个导正销孔,条料向前送进时由各工位的2个插针插入已经冲好的导正销孔中,导正条料,确定料带的准确位置,实现模具的初试及中试。图9为冲制的产品,制件经检验符合质量要求,能满足大批量生产要求。



图9 冲制的产品
Fig. 9 Stamped product

5 结论

(1) 通过对带卡口的盒型零件的工艺进行分析,设计并优化了料带的排样,获得了冷锻、拉深、冲裁、弯曲等11工位的排样图。

(2) 运用卡口的冲锻成形新工艺代替冲压及二次加工的旧工艺,省去了贴胶片工序,不但节约了成本,而且较大地提高了生产效率。该新工艺首先在厚度为1 mm的铝板上冷锻深度为0.8 mm的凹槽,凹槽背面被挤出两个45°三角尺型的斜凸台,其两个斜面位于宽度为0.3 mm的弯曲位置线两侧且夹角为92.0°,然后再沿着弯曲位置线将凹槽直角弯曲,使得两个斜凸台贴合在一起,从而获得强度高、密封性好的卡口。

(3) 利用上模卸料板和弯曲凸模的双浮动机构,运用位于弯曲凸模两侧且较其高4 mm的切断凸模冲切分离连接载体和零件的搭边废料,同时弯曲凸模对工件进行弯曲,获得了切断弯曲一体模结构。

(4) 探讨了二次浮升机构,该机构包含两个推件块,在弹簧力作用下一次推件块将制件推至与弯曲凹模模面平齐位置时停止运动,二次推进块继续运动将卡在凹模型腔中的插脚推出弯曲凹模模面。

参考文献:

- [1] 宋杰. 基于Dynaform的AZ91D镁合金盘体冲锻工艺优化[J]. 热加工工艺, 2021, 50(7): 89-96.
Song J. Optimization of stamping and forging process for AZ91D Mg alloy disc based on Dynaform [J]. Hot Working Technology, 2021, 50(7): 89-96.
- [2] 李晓冬, 徐雪峰, 魏科, 等. 5A02铝合金管材缩口增厚的影响显著性及成形规律研究[J]. 塑性工程学报, 2021, 28(2): 63-69.
Li X D, Xu X F, Wei K, et al. Study on influence significance and forming law of necking and thickening of 5A02 aluminum tube

- [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2021, 28(2): 63-69.
- [3] 郭艳珺, 程俊伟, 常世超, 等. 短轴滑动叉模锻工艺[J]. 塑性工程学报, 2022, 29(4): 45-50.
Guo Y J, Cheng J W, Chang S C, et al. Die forging process of short shaft slid fork [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2022, 29(4): 45-50.
- [4] 王可胜, 韩豫, 刘全坤, 等. 磁力支架零件步进式等厚冲锻成形新工艺[J]. 机械工程学报, 2015, 51(4): 78-83.
Wang K S, Han Y, Liu Q K, et al. New forming process of stepping press-forging with the uniform thickness for magnetic bracket [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2015, 51(4): 78-83.
- [5] 王亚辉, 黄亮, 刘翔, 等. 基于增材制造和锻造复合成形的TC4钛合金组织和性能研究[J]. 稀有金属, 2021, 45(8): 897-904.
Wang Y H, Huang L, Liu X, et al. Microstructure and mechanical properties of TC4 alloy formed by additive manufacturing combined with forging [J]. Chinese Journal of Rare Metals, 2021, 45(8): 897-904.
- [6] 陈琰嗣. 多工位级进模设计与制造[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
Chen Y S. Design and Manufacturing of Multi-position Progressive Die [M]. Beijing: China Machine Press, 2006.
- [7] 杨太德, 唐海波. 多角弯曲件成形工艺优化与级进模结构设计[J]. 制造技术与机床, 2019, (11): 61-64.
Yang T D, Tang H B. Optimization of forming process and design of progressive development for multiangle bending parts [J]. Design and Research, 2019, (11): 61-64.
- [8] 金龙建. 多工位级进模实例详解[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
Jin L J. Example Analysis of Multi-position Progressive Die [M]. Beijing: China Machine Press, 2014.
- [9] 王方平, 孙小朱. 装饰扣级进模具结构设计[J]. 锻压技术, 2022, 47(6): 239-243.
Wang F P, Sun X Z. Structure design on progressive die for decorative buckle [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47(6): 239-243.
- [10] 王天宝, 袁博. 管帽零件多工位级进模设计[J]. 锻压技术, 2022, 47(1): 168-171.
Wang T B, Yuan B. Design on multi-position progressive die for tube cap parts [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47(1): 168-171.
- [11] 郑晖, 栾景旺, 孙凌崴. 挡板件多工位级进模设计[J]. 锻压技术, 2021, 46(5): 169-173.
Zheng H, Luan J W, Sun L W. Design on multi-station progressive die for stop plate part [J]. Forging & Stamping Technology, 2021, 46(5): 169-173.
- [12] 洪慎章, 金龙建. 多工位级进模设计实用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
Hong S Z, Jin L J. Practical Design Technology of Multi-position Progressive Die [M]. Beijing: China Machine Press, 2010.