

板线材金属弹簧双向弹片复合成形设备设计

冯 赞¹, 王 超¹, 王 成^{1,2,3}, 芮延年²

(1. 苏州经贸职业技术学院 机电技术学院, 江苏 苏州 215009; 2. 苏州大学 机电工程学院, 江苏 苏州 215006;
3. 江苏省光伏风电控制工程技术研究中心, 江苏 苏州 215009)

摘要: 针对金属弹片产品在加工成形时加工工序冗繁、加工效率低以及需要多次定位等问题, 通过对产品材料、结构要求、成形工艺等方面的分析研究, 采用板线材间歇自动送料+连续冲切+数控折弯的成形工艺, 提出一种金属弹簧双向弹片的成形设备, 包括冲切机构和成形机构, 冲切机构用于在板线材上冲切多个依次连接的预制品, 成形机构用于成形弹片。通过生产试验可知, 此成形设备不仅可以保证产品的精度、节省材料, 还可以缩短研发周期、降低成本, 证明了板线材成形设备结构的先进性、可行性和实用性, 为该技术的应用推广奠定了实践基础。

关键词: 金属弹簧双向弹片; 板线材; 自动送料机构; 冲切机构; 成形机构

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2022.06.031

中图分类号: TG386

文献标志码: A

文章编号: 1000-3940 (2022) 06-0224-07

Design of compound forming device for metal spring bidirectional shrapnel of plate and wire materials

Feng Zan¹, Wang Chao¹, Wang Cheng^{1,2,3}, Rui Yannian²

(1. School of Mechanical & Electric Technology, Suzhou Institute of Trade & Commerce, Suzhou 215009, China;
2. School of Mechanical and Electrical Engineering, Suzhou University, Suzhou 215006, China;
3. Jiangsu PV Wind Power Control Engineering Research and Development Center, Suzhou 215009, China)

Abstract: In order to solve the problems of cumbersome processing procedures, low processing efficiency and the need for multi positioning when metal shrapnel products are processed and formed, through the analysis and research on product materials, structural requirements, forming processes, etc., the forming process of the intermittent automatic feeding of plate and wire materials, continuous punching and numerical control bending was adopted. A metal spring bidirectional shrapnel forming device was proposed, which included a punching mechanism and a forming mechanism. The punching mechanism was used for punching a plurality of sequentially connected pre-products on the plate and wire materials, and the forming mechanism was used for forming elastic pieces. Through the production test, the forming device can be known that the forming device can not only ensure the accuracy of product and save materials, but also shorten the research and development cycle and reduce the cost. It proves the advancement, feasibility and practicability of forming device structure of plate and wire materials, and lays a practical foundation for the application and promotion of the technology.

Key words: metal spring bidirectional shrapnel; plate and wire materials; automatic feeding mechanism; punch mechanism; forming mechanism

金属弹片常用于机械零件的柔性连接和需要重复拆装的工况中, 双向弹片的加工成形方法, 通常

是首先在一块薄板上冲切出若干镂空孔, 然后将薄板按弹片的形状剪切、分割为半成品, 再将半成品运输至冲压模具内冲压成形, 这种加工方法的工序冗繁、加工效率低, 且需要多次定位工件, 造成定位误差累积, 降低了加工精度^[1]。

本文提出一种金属弹簧双向弹片的成形方法, 从根本上取代现有的双向弹片成形工艺, 以解决双向弹片的加工效率低和加工精度低的问题。

1 产品工艺性分析

金属弹簧双向弹片的二维图、三维模型图分别

收稿日期: 2022-03-31; 修订日期: 2022-06-04

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (2012AA063506); 苏州市重点产业技术创新项目 (SGC2021111); 苏州市应用基础研究计划项目 (SNG2020050); 苏州经贸职业技术学院企业横向课题 (JMH202004); 苏州市教育科研规划项目 (2021JG004); 江苏省高等学校大学生创新创业训练计划项目 (202112685005Y)

作者简介: 冯 赞 (2000-), 男, 专科

E-mail: 2784727769@qq.com

通信作者: 王 超 (1989-), 男, 博士, 讲师

E-mail: wc181674@163.com

如图 1 和图 2 所示，该弹簧的材质为 CAC60H 型耐腐蚀环保铜合金，厚度为 0.5 mm，该弹簧对于尺寸要求较高，同时对折弯成形的角度以及折弯的具体位置均有明确要求，其主要技术指标为：尺

寸公差为 $\pm 0.02\text{ mm}$ ，形状尺寸和位置精度公差为 $\pm 0.08\text{ mm}$ ，折弯角度公差为 $\pm 1^\circ$ ，对称度小于 0.1 mm ，弹簧表面光滑，无划痕、毛刺等加工痕迹^[2-3]。

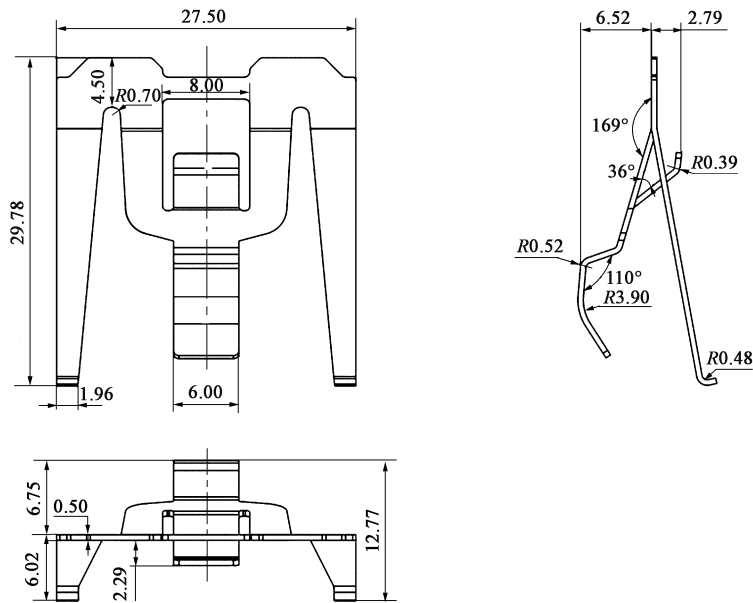


图 1 金属弹簧双向弹片二维图
Fig. 1 Two-dimensional diagram of metal spring bidirectional shrapnel

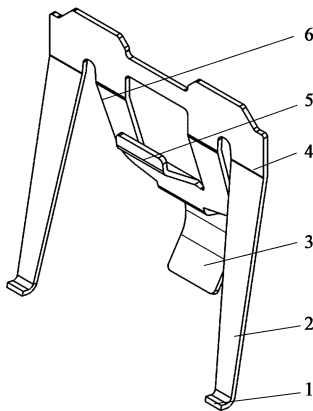


图 2 金属弹簧双向弹片三维模型图
1. 钩状体 2. 卡爪 3. 第 1 弹臂 4. 框架 5. 第 2 弹臂 6. 连接片
Fig. 2 Three-dimensional model diagram of metal spring bidirectional shrapnel

由图 1 可知，该金属弹簧双向弹片为对称结构，除必要的剪裁外，还需要切断、多角度三维弯曲等多种复杂的成形工艺，对尺寸精度以及形状尺寸和位置精度公差的要求较高，并存在多方向、多角度弯曲，对成形后产品的弯曲角度和弯曲点的要求较高，精度不易保证，因此，解决产品在成形过程中的准确定位问题是十分必要的^[4-5]。

根据该弹片的结构技术要求、成形特点和成形难点，采用板线材自动送料机构+冲切机构+成形机构，在保证产品成形精度要求的前提下，实现自动化生产，缩短生产周期，还可以节省材料，降低成本^[6-7]。

2 工艺设计

金属弹簧双向弹片的结构尺寸小、结构复杂、成形难度大，在加工制造时通常先进行冲压，去除工件中多余的材料，将冲切的半成品送至成形机构内进行折弯成形等多道工序^[8-9]。该金属弹簧双向弹片拟采用板线材间歇自动送料→平整调直→连续冲切→数控折弯的方式成形。平整调直为常用的技术手段，此处不作介绍。

3 成形设备结构设计

图 3 为金属弹簧双向弹片成形设备的整体结构示意图，其成形工艺系统主要包括自动送料机构、冲切机构和成形机构，可实现弹片的自动化成形生产^[10-13]。

3.1 自动送料机构设计

自动送料机构 9 可依次向冲切机构 11 和成形机构 13 间歇性地按定长输送板线材，自动送料机构 9

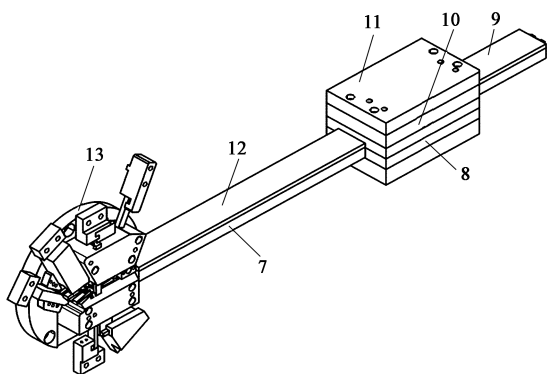


图3 金属弹簧双向弹片成形设备的整体结构示意图

7. 支撑板 8. 冲切下模 9. 自动送料机构 10. 冲切上模
11. 冲切机构 12. 盖板 13. 成形机构

Fig. 3 Schematic diagram of forming equipment overall structure for metal spring bidirectional shrapnel

的步进电机可驱动夹板夹紧板线材向前移动一段距离,然后夹板松开板线材,步进电机反转,使夹板后退复位,等到下一动作节拍时步进电机再重复以上送料动作。自动送料机构9包括支撑板7和盖板12,支撑板7用于支撑板线材,支撑板7的表面设有对板线材的移动进行导向的定位槽,盖板12可盖住板线材且对板线材施加一定的压力,使板线材保持平直状态。

3.2 冲切机构设计

如图4所示,冲切机构11包括互相配合的冲切上模10与冲切下模8,冲切上模10上安装有多个与预制品形状匹配的冲切镶件,冲切镶件包括第1冲切镶件15、第2冲切镶件16和第3冲切镶件,他们从右向左(即由上料侧向成形机构一侧)依次分布,其中第1冲切镶件15可在板线材上冲切第2弹臂5,第2冲切镶件16和第3冲切镶件可在板线材上冲切第1弹臂3和连接片6。冲切下模8内设有与各个冲切镶件配合的冲切成形腔体14,冲切镶件每动作一次,同时对3个预制品进行冲切加工。

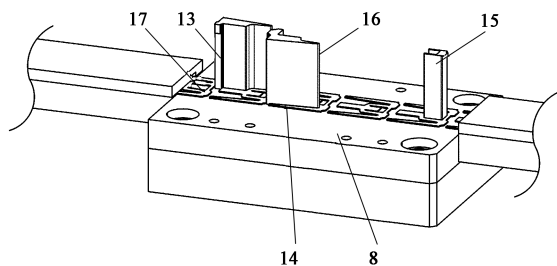


图4 冲切机构的结构示意图

8. 冲切下模 13. 成形机构 14. 冲切成形腔体
15. 第1冲切镶件 16. 第2冲切镶件 17. 预制品

Fig. 4 Structure schematic diagram of punching mechanism

3.3 成形机构设计

如图5与图6所示,成形机构13包括基座28、成形座31和成形刀组件。成形座31通过螺丝安装于基座28上,成形座31的顶部设有由左至右依次连接的第1成形部21和第2成形部19,第1成形部21用于折弯前一预制品的卡爪2以及成形卡爪前端的钩状体1,第2成形部19用于与成形刀组件配合而折弯后一预制品的两个弹臂和连接片。

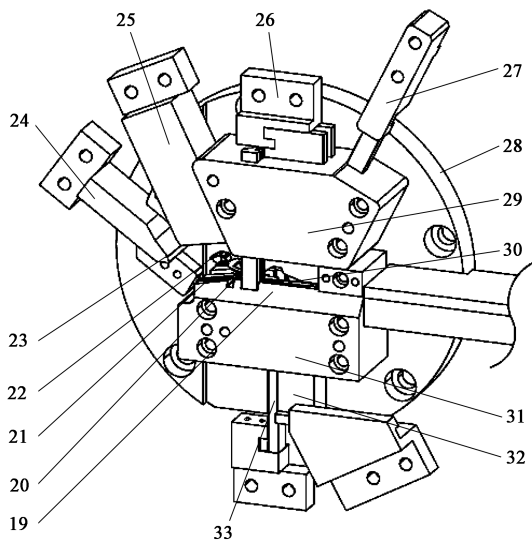


图5 成形机构结构图

19. 第2成形部 20. 第2避让槽 21. 第1成形部 22. 弹片
23. 顶出孔 24. 第6成形刀 25. 第5成形刀 26. 第1成形刀
27. 第4成形刀 28. 基座 29. 固定座 30. 压紧部
31. 成形座 32. 第2成形刀 33. 第3成形刀

Fig. 5 Structure diagram of forming mechanism

如图7所示,第2成形部19可支撑后一预制品的卡爪,成形座31上于第2成形部19处设有供第2成形刀32上下活动的成形空腔42,成形空腔42沿竖直方向贯穿成形座31,第2弹臂5可移动至成形空腔42的上方;成形刀组件可分别向上侧弯折第1弹臂3,向下侧弯折第2弹臂5。

成形刀组件包括沿上下方向相对设置的第1成形刀26和第2成形刀32,基座28上于成形座31的正上方通过螺丝安装有固定座29,第1成形刀26可上下滑动地安装于固定座29的1个导向孔内,第2成形刀32可上下滑动地安装于成形座31的成形空腔42内。

如图7a所示,第1成形刀26的底端面设有用于折弯第1弹臂3的内凹状的第1成形壁39。如图8所示,第2成形刀33的顶端面设有与成品的第2弹臂5适配的内凹状的第2成形壁43,以及用于折

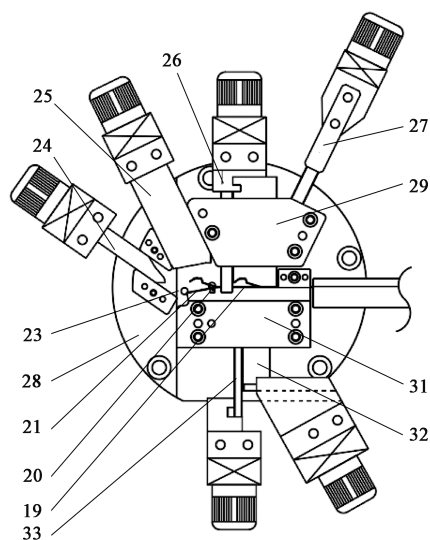


图6 成形机构的主视结构示意图

19. 第2成形部 20. 第2避让槽 21. 第1成形部
23. 顶出孔 24. 第6成形刀 25. 第5成形刀
26. 第1成形刀 27. 第4成形刀 28. 基座
29. 固定座 31. 成形座 32. 第2成形刀 33. 第3成形刀

Fig. 6 Schematic diagram of front view structure for forming mechanism

弯第1弹臂3根部的凸起的第3成形壁47。第2成形刀32的顶端面为左高右低的倾斜面,第1成形刀26的底端面可贴合第2成形刀32的顶端面而向上折弯预制品的连接片。

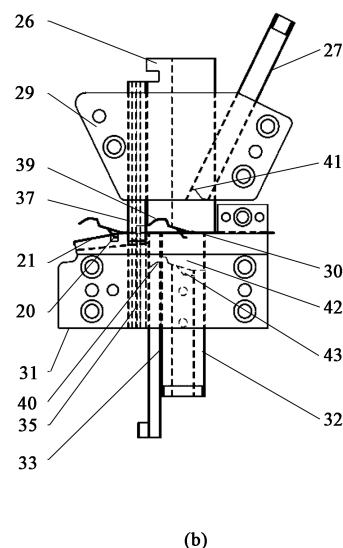
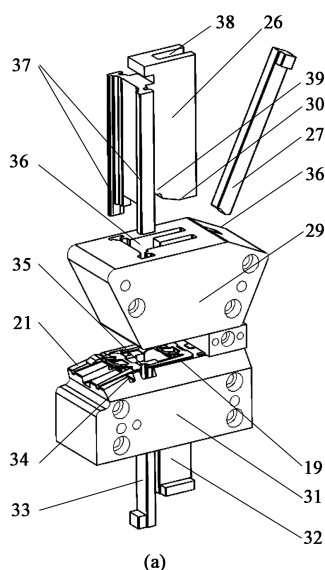


图7 成形机构局部结构(a)及局部透视结构(b)示意图

19. 第2成形部 20. 第2避让槽 21. 第1成形部 26. 第1成形刀 27. 第4成形刀 29. 固定座 30. 压紧部
31. 成形座 32. 第2成形刀 33. 第3成形刀 34. 第1避让槽 35. 切料腔 36. 导向孔 37. 切料部 38. 避空槽
39. 第1成形壁 40. 第4成形壁 41. 第5成形壁 42. 成形空腔 43. 第2成形壁

Fig. 7 Schematic diagrams of partial structure (a) and partial perspective structure (b) for forming mechanism

如图8所示,第2成形刀32内沿竖直方向设有顶部敞口的镶件腔44,镶件腔44内用销钉固定安装凹模镶件46,凹模镶件46的顶面内凹于镶件腔44内而形成第2成形壁43。第2成形刀32采用凹模镶件46的分体式结构,加工时仅需要在第2成形刀32上线切割镶件腔44,再将凹模镶件46安装于镶件腔44内即可,不需要在第2成形刀32上电火花出第2成形壁43的凹槽结构,加工方便,且降低了加工成本,而且可将长期使用而磨损的凹模镶件46拆卸、更换,不需要更换整个第2成形刀32,进一步节省了设备的维修成本。

如图7和图8所示,第1成形刀26的底部左侧设有向下凸起的切料部37,成形座31上设有与切料部37配合的切料腔35,切料腔35沿竖直方向贯穿成形座31,切料部37与切料腔35配合,将前一弹片从板线材上切断,切割部分的废料由切料腔35自由掉落成形机构。切料部37的底部高度略低于第1成形刀26的成形壁的高度,第1成形刀26可先切断板线材后继续下行,折弯后一预制品,即第1成形刀26仅需动作1次即可完成切料和成形作业。

如图5和图7所示,为了更可靠地切断以及折弯板线材,在第1成形刀26的底部右侧设有水平的压紧部30,压紧部30可压住后一预制品的尾部,使该预制品的尾部保持固定,保证切料和折弯动作

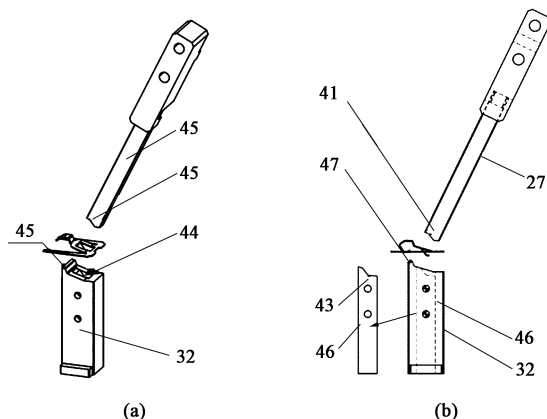


图 8 第 2 成形刀与第 4 成形刀的相对位置关系的立体结构 (a) 及主视结构 (b) 示意图

27. 第 4 成形刀 32. 第 2 成形刀 41. 第 5 成形壁 43. 第 2 成形壁 44. 镶件腔 45. 第 5 成形刀 46. 凹模镶件 47. 第 3 成形壁

Fig. 8 Schematic diagrams of three-dimensional structure (a) and front view structure (b) for relative positional relationship between the second forming tool and the fourth forming tool

的稳定、准确。成形刀组件还包括第 3 成形刀 33, 第 3 成形刀 33 与第 2 成形刀 32 平行设置且紧贴于第 2 成形刀 32 的左侧, 第 3 成形刀 33 的顶部设有与第 1 成形壁 39 匹配的第 4 成形壁 40, 第 3 成形刀 33 可向上移动而与第 1 成形刀 26 共同向上折弯第 1 弹臂 3 的自由端。成形刀组件还包括位于成形座 31 右上方的第 4 成形刀 27, 第 4 成形刀 27 的底端设有与第 2 成形壁 43 配合的第 5 成形壁 41, 第 5 成形壁 41 可与第 2 成形壁 43 共同向下折弯第 2 弹臂 5。

如图 7a 所示, 固定座 29 内设有两个分别用于导向第 1 成形刀 26 和第 4 成形刀 27 的导向孔 36, 第 4 成形刀 27 可沿着与其对应的导向孔 36 向左下方移动而折弯第 2 弹臂 5。如图 7a 和图 9 所示, 为了使第 1 成形刀 26 不干涉第 4 成形刀 27 的斜向移动, 在第 1 成形刀 26 上设有右侧敞口的避空槽 38, 避空槽 38 向下贯穿第 1 成形刀 26, 避空槽 38 可避开第 4 成形刀 27, 为其移动提供活动空间, 使第 1 成形刀 26 和第 4 成形刀 27 可同时与第 2 成形刀 32 配合而折弯预制品, 提高了成形效率。

如图 5 和图 6 所示, 成形刀组件还包括位于成形座 31 左上方的第 5 成形刀 45 和第 6 成形刀 24, 这两把成形刀与成形座 31 的第 1 成形部 21 配合折弯前一预制品的卡爪和钩状体。具体地, 第 5 成形刀 45 与成形座 31 的第 1 成形部 21 配合向下折弯卡爪 2, 第 6 成形刀 24 与第 1 成形部 21 的左侧壁配合折弯卡爪的端部而形成钩状体 1。

为了使折弯后的预制品 17 能够顺利向左侧移动至第 1 成形部 21, 在第 1 成形部 21 上沿左右方向设有第 1 避让槽 34, 向下折弯后的第 2 弹臂 5 可顺利

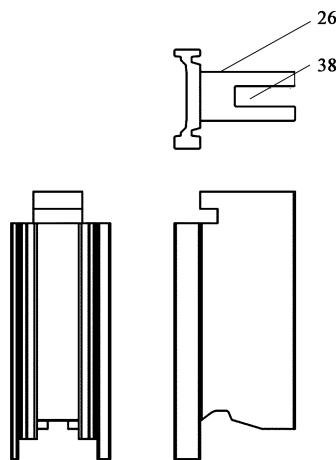


图 9 第 1 成形刀的结构示意图

26. 第 1 成形刀 38. 避空槽

Fig. 9 Structure schematic diagram of the first forming tool

经过该第 1 避让槽 34。

如图 10 所示, 为了方便产品下料, 在基座 28 的背面安装伸缩驱动装置 48, 伸缩驱动装置 48 的输出杆上安装顶杆 49, 基座 28 上设有供顶杆 49 伸出的顶出孔 23, 伸缩驱动装置 48 可驱动顶杆 49 向前贯穿顶出孔 23 而顶出加工好的弹片 22。为了使顶杆 49 能够将弹片 22 顺利顶离第 1 成形部 21, 在第 1 成形部 21 上沿前后方向设有第 2 避让槽 20, 向下折弯后的第 2 弹臂 5 可顺利经过第 2 避让槽 20 后, 从成形座 31 上滑落。

4 工作过程

经过对金属弹簧双向弹片的工艺设计和模具结

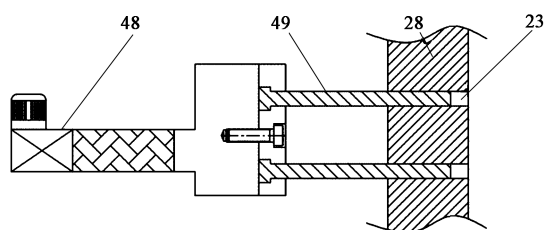


图10 伸缩驱动装置与顶杆的结构示意图

23. 顶出孔 28. 基座 48. 伸缩驱动装置 49. 顶杆

Fig. 10 Structure schematic diagram of telescopic drive device and ejector rod

构设计,实际加工中的成形工艺如下:

(1) 将板线材拉直后送入冲切机构,在板线材上依次冲切多个预制品;

(2) 将板线材按定长送入成形机构,使最左端的预制品位于成形座的第2成形部上;

(3) 第1成形刀下行,同时第2成形刀上行、且第4成形刀向左下方移动,与第1成形刀配合而折弯第2弹臂、连接片以及第1弹臂的根部;

(4) 第3成形刀上行,与第1成形刀配合折弯第1弹臂的自由端;

(5) 第1成形刀、第2成形刀、第3成形刀和第4成形刀后退复位;

(6) 将最左端的预制品继续向左推移1个行程;

(7) 第7成形刀动作,与成形座的第1成形部配合向下折弯卡爪,然后保持压紧状态;

(8) 第6成形刀动作,与成形座的第1成形部配合折弯卡爪的端部而形成钩状体,保持压紧状态;

(9) 在第6成形刀动作的同时,第1成形刀的切料部与成形座的切料腔配合,切断板线材而将前一个弹片与板线材分离;

(10) 第1成形刀继续下行,重复步骤(3)和步骤(4);

(11) 第1成形刀、第2成形刀、第3成形刀、第4成形刀、第5成形刀和第6成形刀后退复位;取走前一个产品;

(12) 再次按定长向左输送板线材,重复步骤(7)~步骤(11),成形下一个弹片。

以上步骤为产品各工序成形过程,重复上述步骤,实现金属弹簧双向弹片的全自动化生产。整个成形过程完成后的产品如图11所示。该弹片经过三坐标测量机测试,其各项精度均达到了零件图上的



图11 金属弹簧双向弹片成品图

Fig. 11 Finished product diagram of metal spring bidirectional shrapnel

技术指标。

5 结论

(1) 本设备将冲切机构和成形机构集成于一体,先将板线材冲切成依次连接的预制品,然后将预制品送入成形机构折弯成形。因此,本设备可连续性地对板线材进行冲切和成形,取代了原来在冲压设备上先对板材进行冲孔,然后将半成品搬运至成形机内折弯成形的分步式加工工艺,提高了加工效率;本设备不需要重复定位工件,提高了加工精度。

(2) 本文的成形机构利用弹片本身的结构而巧妙地设计各成形刀的结构和位置,在板线材上冲压第1弹臂和第2弹臂,各成形刀之间互不干涉,配合流畅,且第1弹臂和第2弹臂可同步折弯成形,设备工作稳定,加工效率高。

(3) 本设备的成形座包括第1成形部和第2成形部,两个成形部可同时加工两个产品,进一步提高了加工效率。

(4) 经生产实践证明,金属弹簧双向弹片采用该设备生产,既能保证产品的精度、节约材料,又能缩短研发周期,降低成本,证明了该技术的可行性和实用性。

参考文献:

- [1] 董俊华. 金属弹片级进模设计 [J]. 模具工业, 2014, 40 (3): 27-30.
Dong J H. Design of progressive die for metallic elastic strip [J]. Die & Mould Industry, 2014, 40 (3): 27-30.
- [2] 李畅毅. 音圈马达下弹片折弯及装配机器的设计 [D]. 广州: 华南理工大学, 2018.

- Li C Y. Design of Bending and Assembly Machine for Voice Coil Motor B-spring [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2018.
- [3] 杨荣祥, 金龙建. 窗帘支架扣件多工位级进模设计 [J]. 制造技术与机床, 2016, (9): 137-140.
- Yang R X, Jin L J. Design of multi position progressive die for curtain bracket fastener [J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2016, (9): 137-140.
- [4] 部绍明, 宋良超, 吴忠. 一种踏板冲压成型工艺及模具设计 [J]. 制造技术与机床, 2016, (12): 109-111.
- Bu S M, Song L C, Wu Z. Design of pedal punch-forming process and die [J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2016, (12): 109-111.
- [5] 赵燕, 闫志彩. 小型冲压模具成形工艺及模具设计 [J]. 模具制造, 2022, 22 (1): 12-16.
- Zhao Y, Yan Z C. Forming process and die design of small stamping die [J]. Die & Mould Manufacture, 2022, 22 (1): 12-16.
- [6] 匡和碧. 冲压模具设计实用教程 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2014.
- Kuang H B. Stamping Die Design Practical Tutorial [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2014.
- [7] 肖祥芷, 王孝培. 中国模具设计大典 (第 3 卷) 冲压模具设计 [M]. 南昌: 江西科学技术出版社, 2003.
- Xiao X Z, Wang X P. China Die & Mould Design Canon (Vol. 3) Design on Stamping Die [M]. Nanchang: Jiangxi Science & Technology Press, 2003.
- [8] 洪慎章. 实用冲压工艺及模具设计 [M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- Hong S Z. Practical Stamping Process and Die Design [M]. 2nd Edition. Beijing: China Machine Press, 2015.
- [9] 袁泉, 刘光超. 开关簧片冲压工艺分析及模具设计 [J]. 制造技术与机床, 2014, (10): 150-152, 163.
- Yuan Q, Liu G C. Stamping process analysis and mould design of spring sheet of switch [J]. Manufacturing Technology & Machine Tool, 2014, (10): 150-152, 163.
- [10] 邹栋林, 谢黎明, 孟玉喜. 插座簧片多工位级进模设计 [J]. 锻压装备与制造技术, 2006, 41 (6): 72-75.
- Zou D L, Xie L M, Meng Y X. Design of the multi-position progressive die for reeds of connector jack [J]. China Metal Forming Equipment & Manufacturing Technology, 2006, 41 (6): 72-75.
- [11] 曾志芳. 动触片开关冲压工艺分析及模具设计 [J]. 模具制造, 2021, 21 (4): 89-92.
- Zeng Z F. Stamping process analysis and die design of moving contact switch [J]. Die & Mould Manufacture, 2021, 21 (4): 89-92.
- [12] 冯赞, 王成, 朱乐平. 一种金属弹簧双向弹片成型设备及其成型方法 [P]. 中国: CN 202010421476. 8, 2020-08-18.
- Feng Z, Wang C, Zhu L P. A metal spring bidirectional shrapnel forming equipment and its forming method [P]. China: CN 202010421476. 8, 2020-08-18.
- [13] 黄家强. 冷冲压级进冲裁模具结构的优化设计 [J]. 装备制造技术, 2020, (6): 188-190, 196.
- Huang J Q. Optimal design of die structure for cold stamping progressive blanking [J]. Equipment Manufacturing Technology, 2020, (6): 188-190, 196.

关于征求锻压领域 2 项国家标准和 3 项机械行业标准意见的通知

根据国家标准化管理委员会及工业和信息化部标准制修订计划要求, 全国锻压标准化技术委员会 (以下简称“锻压标委会”) 将于 2022 年组织完成以下 2 项国家标准和 3 项机械行业标准的制修订工作。现向社会公开征求意见。

1 项国家标准制定项目为:《金属旋压成形性能与试验方法 第 1 部分: 成形性能、成形指标及通用试验规程》。

1 项国家标准修订项目为:《铜和铜合金 锻件》。

3 项机械行业标准制定项目为:《轨道交通装备 钢质模锻件 通用技术规范》、《汽车前轴锻件 工艺规范》、《汽车变速器变档齿轮复合精密锻件 工艺规范》。

上述 5 项标准的《征求意见稿》、《编制说明》和《意见表》可在中国机械工程学会塑性工程分会网站 (cstp-cmes.org.cn) “标准化” 模块下载, 敬请提出修改意见与建议。

请您于 2022 年 8 月 17 日前将填写好的《意见表》通过 E-mail 发至锻压标委会秘书处。

联系方式: 北京市海淀区学清路 18 号全国锻压标准化技术委员会, 100083

联系电话: 010-62920652, 82415085

E-mail: duanya2005@126.com 联系人: 魏巍、金红

全国锻压标准化技术委员会