

装备与成套技术

半开式弹簧卡扣数控成形机构设计

王 成^{1,2,3}, 袁全港¹, 芮延年², 王韦韦⁴

(1. 苏州经贸职业技术学院 工业互联网学院, 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; 4. 苏州兆能精密弹簧五金有限公司, 江苏 苏州 215009)

摘要: 针对半开式弹簧卡扣相关产品生产制造中的冲压模具结构复杂、工艺废料多、尺寸一致性差以及开发周期长等问题, 以半开式弹簧卡扣数控成形机构设计为例, 结合线材自动成形机, 开展成形工艺和机构设计相关研究。首先, 对产品进行了全面分析, 指出成形要求和成形过程中的难点。其次, 研究并设计了半开式弹簧卡扣数控成形工艺步骤, 并依据成形步骤设计了切断机构、折弯机构以及顶出机构。最后, 经苏州兆能精密弹簧五金有限公司实际生产验证, 设计的半开式弹簧卡扣数控成形机构不仅提高了产品的成形精度和生产效率, 保证了产品的一致性, 还节约了材料和时间, 降低了生产成本, 证明了半开式弹簧卡扣数控成形机构的可行性和实用性, 为该技术的推广应用奠定了实践基础。

关键词: 弹簧卡扣; 半开式; 板线材; 数控成形; 切断机构; 折弯机构

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2024.09.022

中图分类号: TG386

文献标志码: A

文章编号: 1000-3940 (2024) 09-0164-06

Design of CNC forming mechanism for semi-open spring buckle

Wang Cheng^{1,2,3}, Yuan Quangang¹, Rui Yannian², Wang Weiwei⁴

(1. Industrial Internet College, 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;

4. Suzhou Zhaoneng Precision Spring Hardware Co., Ltd., Suzhou 215009, China)

Abstract: In response to the problems of complex stamping die structure, high process waste, poor dimensional consistency and long development cycle in the production and manufacturing of semi-open spring buckle related products, for the computer numerical control (CNC) forming mechanism design of semi-open spring buckle, combined with wire automatic forming machine, the research on forming process and mechanism design were conducted. Firstly, a comprehensive analysis was conducted, which pointing out the forming requirements and difficulties in the forming process. Secondly, the CNC forming process steps of semi-open spring buckle were studied and designed. Furthermore, based on the forming steps, the cutting, bending and ejection mechanisms during the forming process were designed. Finally, the actual production testing was realized by Suzhou Zhaoneng Precision Spring Hardware Co., Ltd. The results show that the designed CNC forming mechanism for semi-open spring buckle not only improves the product forming accuracy and production efficiency, ensures the product consistency, but also saves the materials and process time and reduces the production costs, which proves the feasibility and practicality of the CNC forming mechanism for semi-open spring buckle, and lays a practical foundation for the promotion and application of this technology.

Key words: spring buckle; semi-open; plate and wire; CNC forming; cutting mechanism; bending mechanism

弹簧卡扣是指带有弹簧或者具有弹簧缓冲功能的一种卡箍, 通常采用抗腐蚀性较好的不锈钢材质, 具

有紧固力大、使用寿命长、操作简便和适应性强等优点, 可在各类应用场景实现快速拆卸, 被广泛应用于航空航天、机械设备、汽车和电子等领域^[1]。

弹簧卡扣作为一种连接通用件, 通常需求量大, 常见的加工制造方式是采用冲压模具成形方式, 虽然该成形方法已得到广泛应用, 但模具结构复杂、工艺废料多、开发周期长和模具研发成本高, 是影响弹簧制造厂商营利性少、相比国外企业缺乏竞争力的主要因素^[2]。

收稿日期: 2024-06-09; 修订日期: 2024-08-16

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); 苏州经贸职业技术学院企业横向课题 (JMHX202206); 江苏省职业院校学生创新创业培育计划项目 (G-2023-1536)

作者简介: 王 成 (1982-), 男, 学士, 高级工程师, 副教授

E-mail: szjm4118@163.com

近年来,一些弹簧制造企业采购了一种线材成形机,如图1所示,这种设备是在电脑弹簧机上增加了送料装置和冲压装置,采用数控程序控制方式对各执行机构按照程序设定轨迹精准执行,通过间歇送料、简单冲压和多角度立体折弯等工序,成形最终产品。本文以半开式弹簧卡扣成形为例,详细介绍了半开式弹簧卡扣成形工艺以及切断机构和多角度折弯机构的设计及生产制造^[3-4]。



图1 线材自动成形机

Fig. 1 Automatic wire forming machine

1 产品分析

半开式弹簧卡扣产品材质为 X10CrNi18-8 不锈钢,是一种高合金化的奥氏体不锈钢,主要由铁、铬和镍铬元素构成,其中铬元素含量高达 18% (质量分数),具有良好的耐腐蚀性、高温强度、蠕变性能和机械加工性能。产品外观呈波浪形,高度为 37.6 mm,宽度为 20 mm,内凹部分最小圆角半径为 1 mm,最大圆角半径为 20 mm,截面为宽度 2 mm 的正方形,圆角半径为 0.4 mm,顶部 2 处的角度分别为 90° 和 82°,两侧平面度要求为 0.3 mm,要求表面光滑、无划痕。图 2、图 3 分别为半开式弹簧卡扣的 2D 平面图和 3D 模型图^[5]。

从图 2、图 3 可知,半开式弹簧卡扣外观为波浪形,折弯处均有圆角,为左右对称结构,上表面和下表面相互平行。本产品主要为折弯,须保证每个产品外观和尺寸的一致性,产品生产制造的难点主要有以下几点^[6]:

(1) 材料特殊,成形结构上须设计合理,从提高材料使用率、降低废料;

(2) 虽然产品截面为 2 mm 的正方形,但成形时会产生回弹,需合理调节折弯角度以确保回弹量,尺寸控制较难;

(3) 顶部折弯角度分别为 90° 和 82°,底部开口内径尺寸为 $\Phi 16$ mm,开口外径为 $\Phi 20$ mm,尺寸要

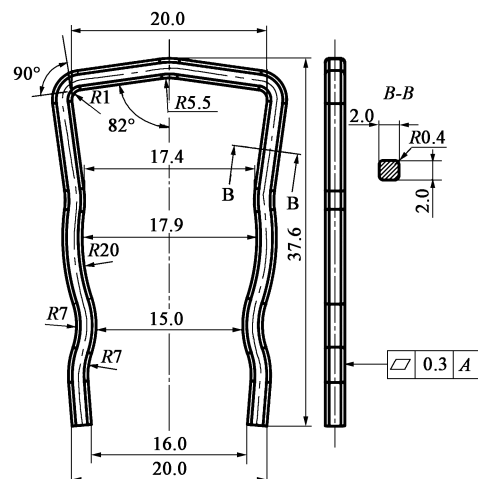


图2 半开式弹簧卡扣 2D 平面图

Fig. 2 2D plan view of semi-open spring buckle

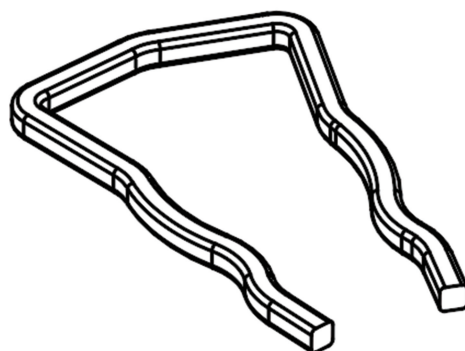


图3 半开式弹簧卡扣的 3D 模型

Fig. 3 3D model of semi-open spring buckle

求高;

(4) 平面度要求控制在 0.3 mm 以内,上下两平面的平行度要求控制在 0.3 mm 以内,形状和位置要求也较高。

根据半开式弹簧卡扣的外观要求、尺寸要求和形位公差要求,利用线材自动成形机,将定制线材先调直、再进行冲压剪切、之后再折弯的加工工艺,将工序高度集中,可实现产品加工的自动化,同时可达到节材、降本的目的。

2 工艺设计

根据第 1 节所讲述的产品材料特性、尺寸要求和加工设备,此处无需中间冲压,只需切断和折弯以及热处理。整体工艺上采用定制截面为产品截面,即边长为 2 mm、圆角半径为 0.4 mm 的正方形线材,采用自动送料、冲裁切断,最后进行多角度折弯的成形工艺^[7-8],如图 4 所示。

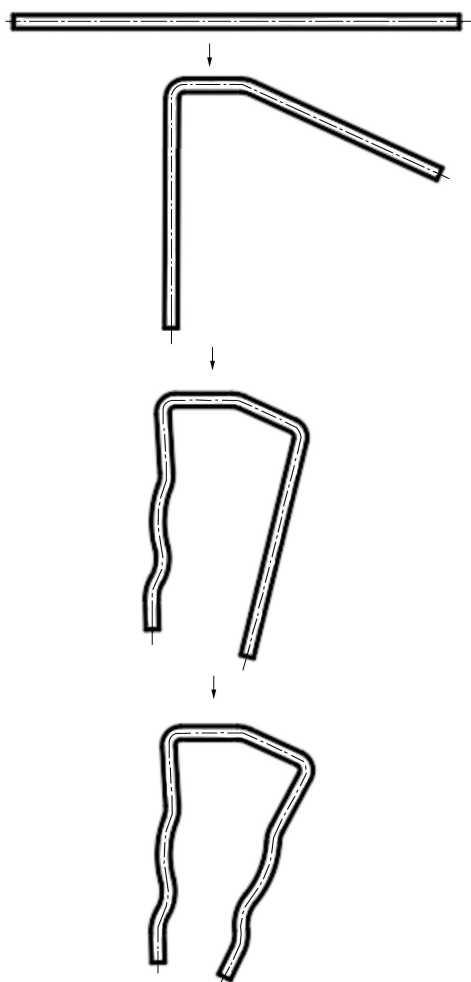


图 4 折弯步骤的变形过程

Fig. 4 Deformation process of bending step

3 结构设计

半开式弹簧卡扣成形基础设备采用线材自动成形机,将委外定制的线材安装在该设备上,通过自动成形机对线材进行送料、冲压、切断和折弯,最终实现产品的成形加工。其中,送料机构采用伺服电机控制滚轮摩擦间歇送料方式,确保送料的尺寸长度准确;切断和折弯机构采用先切断、固定后再依序折弯的成形加工方法,以保证生产制造中的产品质量和效率^[8]。

3.1 切断机构设计

本产品无需前期冲裁,只需要切断后再进行折弯,但由于设备整体空间有限,切断结构设计上既要考虑整体运动的连贯性,也要考虑驱动力来源。

如图 5 所示,因空间有限,常规的定位和螺钉不易安装,在此处将三角定位块镶配在底座镶件上

的异形孔内,侧边采用螺钉将三角定位块固定在底座镶件上。成形刀具 E 沿着三角定位块与导向定位块之间移动;切刀安装在切刀导向块与底座镶件之间,同时切刀上端 L 型凸块卡在成形刀具 E 的水平槽中;当成形刀具 E 向左下方沿着导向槽运动时,在 L 型配合槽的作用下,迫使切刀沿着切刀导向块与底座镶件之间的导向槽垂直向下运动,达到切断成形线材的作用^[9]。

3.2 折弯机构设计

如图 5 所示,为了便于成形和固定,将成形模具特意倾斜一个角度,以保证送料和成形固定处保持在同一个水平面,产品圆周方向按照产品成形角度方向设置了 5 把折弯刀具,每把均由独立的伺服电机驱动,当产品切断后,成形刀具 C 将向下运动,将送入的条状线材压住固定,成形刀具 E、成形刀具 B、成形刀具 A 和成形刀具 D 依次运动,将产品折弯成形,再由伸缩伺服电机驱动顶杆,将成形产品顶出^[10]。

4 工作过程

如图 5 所示,将半开式弹簧卡扣成形相关的冲压剪切机构、折弯机构和顶出机构设计、制造并安装在线材自动成形机上后,加工步骤如下^[9]:

(1) 首先将定制采购的线材安装在成形设备上,送料机构安装预设长度进行间歇步进送料,经调直后将成形线材送入;

(2) 成形线材放入送料支撑块的凹槽中,将送料盖板盖上;伸缩伺服电机反转,伸缩杆通过伸缩过渡块带动顶杆向左移动固定距离,复位;

(3) 送料机构启动,将成形线材经过平整机构处理后,向左送入固定长度,进入成形组件中;

(4) 伺服电机 C 正转,驱动运动机构 C 移动,带动成形刀具 C 沿三角定位块中间向下运动,直至顶住成形线材,暂停;

(5) 电磁阀 2YB 得电,换向阀换到右位功能,液压泵液体经换向阀进入液压缸内,活塞杆带动成形刀具 E 向左下方移动,移动过程中带动切刀沿着切刀导向块与底座镶件之间的导向槽向下运动,切断成形线材,成形刀具 E 继续移动,在成形刀具 E 头部的作用下使产品成形在成形镶件上^[11];

(6) 在发生步骤 (4) 的同时,伺服电机 B 正转,在运动机构 B 作用下,使成形刀具 B 沿三角定位块与定位块 B 之间向右下方运动,从而让成形线

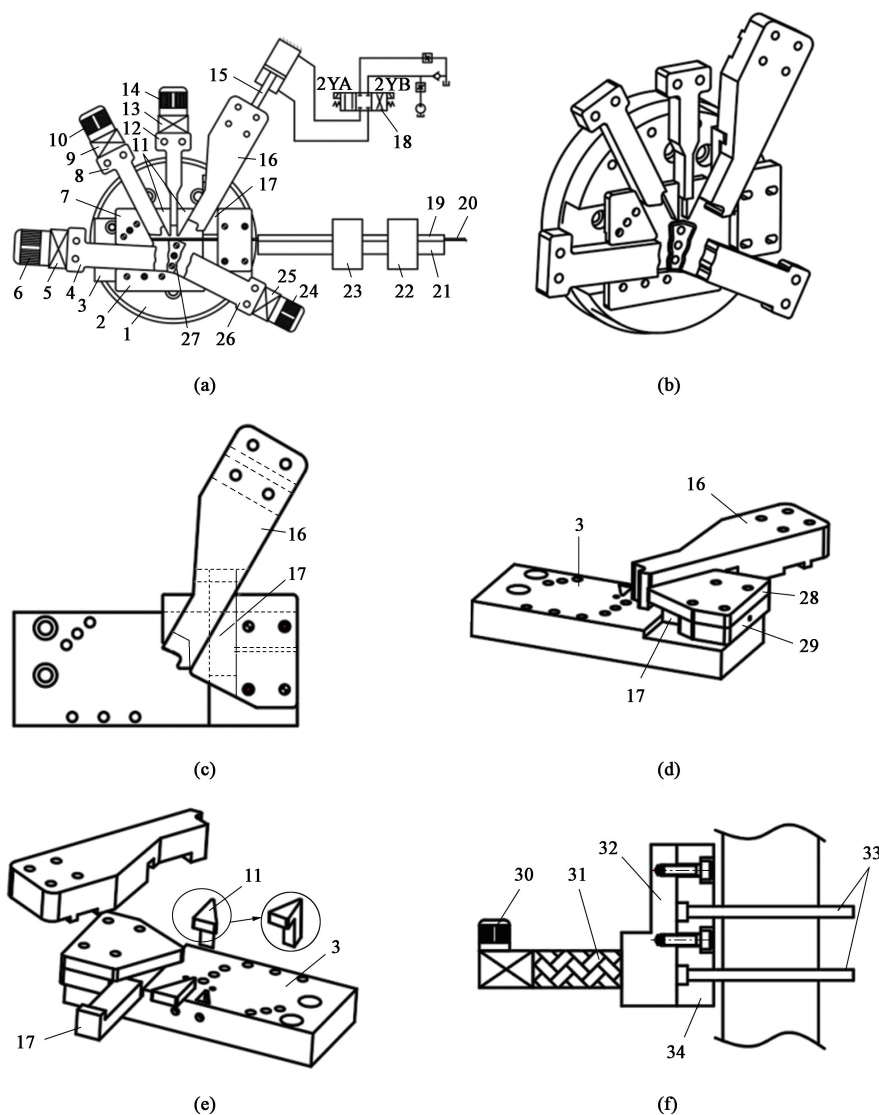


图5 半开式弹簧卡扣数控成形机构结构图

(a) 整体结构平面图 (b) 整体结构立体图 (c) 剪切机构平面图 (d) 剪切机构立体图 (e) 剪切机构立体分解图
(f) 顶出机构平面图

1. 固定基座 2. 定位块 A 3. 底座镶件 4. 成形刀具 A 5. 运动机构 A 6. 伺服电机 A 7. 定位块 B 8. 成形刀具 B 9. 运动机构 B
10. 伺服电机 B 11. 三角定位块 12. 成形刀具 C 13. 运动机构 C 14. 伺服电机 C 15. 活塞杆 16. 成形刀具 E 17. 切刀
18. 换向阀 19. 送料盖板 20. 成形线材 21. 送料支撑块 22. 送料机构 23. 平整机构 24. 伺服电机 D 25. 运动机构 D
26. 成形刀具 D 27. 成形镶件 28. 导向定位块 29. 切刀导向块 30. 伸缩伺服电机 31. 伸缩杆 32. 伸缩过渡块
33. 顶杆 34. 伸缩连接块

Fig. 5 Structural diagram of CNC forming mechanism for semi-open spring buckle

(a) Plan view of overall structure (b) Three-dimensional diagram of overall structure (c) Plan view of cutting mechanism
(d) Three-dimensional diagram of cutting mechanism (e) Three-dimensional decomposition view of cutting mechanism
(f) Plan view of ejection mechanism

材折弯并固定在成形镶件上^[12];

(7) 伺服电机 A 正转, 在运动机构 A 驱动下, 使成形刀具 A 沿定位块 A 与定位块 B 之间向右移动, 从而使成形线材折弯并固定在成形镶件上; 同时, 伺服电机 D 正转, 在运动机构 D 驱动下, 使成形刀具 D 沿定位块 A 与导向定位块之间向左

上方移动, 从而使成形线材折弯固定在成形镶件上^[12];

(8) 电磁阀 2YA 得电, 换向阀换到左位功能, 活塞杆带动成形刀具 E 向右上方移动, 带动切刀沿着切刀导向块与底座镶件之间的导向槽向上运动, 复位;

(9) 伺服电机 C、伺服电机 A、伺服电机 D、伺服电机 B 同时反转, 带动成形刀具 A、成形刀具 B、成形刀具 C、成形刀具 D 同时退出, 复位;

(10) 伸缩伺服电机正转, 伸缩杆通过伸缩过渡块带动顶杆向右移动固定距离, 将已形成的产品顶出脱落;

(11) 最后将成形产品热处理。

重复以上步骤可进行半开式弹簧卡扣的自动化生产制造。

半开式弹簧卡扣加工设备实物图及成品分别如图 6、图 7 和图 8 所示。产品经检测试验, 各项指标均达到了客户交付要求。

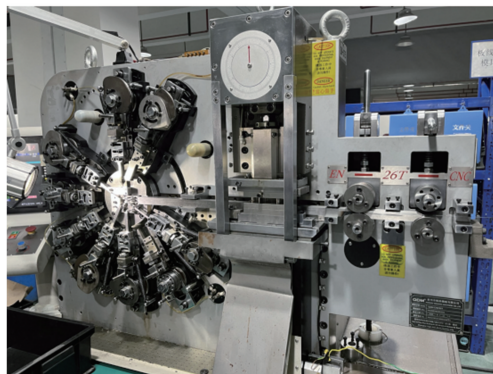
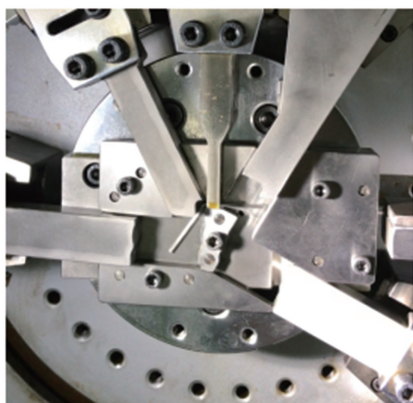


图 6 半开式弹簧卡扣成形设备实物图

Fig. 6 Physical photo of semi-open spring buckle forming equipment



(a)



(b)

图 7 半开式弹簧卡扣多工位数控折弯成形过程实物图

(a) 折弯状态 1 (b) 折弯状态 2

Fig. 7 Physical photo of multi-station CNC bending process for semi-open spring buckle

(a) Bending state 1 (b) Bending state 2

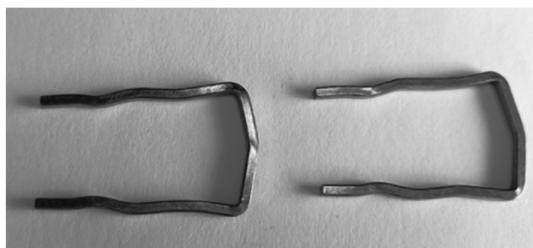


图 8 半开式弹簧卡扣成品图

Fig. 8 Finished product photo of semi-open spring buckle

5 结论

(1) 采用定制化原材料的方式, 使加工前就已获得截面形状和尺寸要求, 在调试完成后无废料产生, 从而节约了材料。

(2) 半开式弹簧卡扣数控成形机构的送料机构

采用伺服电机控制滚轮摩擦间歇送料方式, 使产品长度尺寸和尺寸的一致性得以有效保证。

(3) 采用切断和折弯结合的结构方式, 使得结构更加紧凑, 空间利用合理; 工件固定后进行切断, 而切断后立即进行折弯, 再按顺序依次进行多角度折弯成形, 提高了产品成形加工效率。

(4) 采用伺服控制伸缩顶出机构, 驱动顶杆将成形后的产品顶出, 可快速并顺利脱模。

(5) 经苏州兆能精密弹簧五金有限公司生产实践证明, 该半开式弹簧卡扣数控成形机构采用间歇送料和切断+折弯复合成形结构, 最大形状和尺寸误差可控制在 0.5 mm 以内, 使产品精度得以有效保证, 相比原有纯冲压, 节约了材料, 模具成本降低了 1/2, 大大缩短了产品开发周期。调试成熟后, 每 4 s 就可成形 1 件产品, 极大地提高了加工效率, 实践证实了该半开式弹簧卡扣数控成形机构的可行

性和实用性。

参考文献：

- [1] 成大先. 机械设计手册：弹簧 [M]. 北京：化学工业出版社，2010.
Cheng D X. Mechanical Design Manual: Springs [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2010.
- [2] 陈琰嗣. 多工位连续模设计与制造 [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.
- [3] 冯赞，王超，王成，等. 板线材金属弹簧双向弹片复合成形设备设计 [J]. 锻压技术，2022，47（6）：224-230.
Feng Z, Wang C, Wang C, et al. Design of bidirectional spring composite forming equipment for sheet metal wire [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47（6）：224-230.
- [4] 张日红，李小敏，白振伟，等. LED射灯灯座冲压工艺分析与复合模具设计 [J]. 锻压技术，2022，47（2）：172-175.
Zhang R H, Li X M, Bai Z W, et al. Stamping process analysis and composite die design for LED spotlight holder [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47（2）：172-175.
- [5] 王端义. 基于 DEFORM 的 5052 铝合金板料防水铆接成形研究 [J]. 锻压技术，2023，48（12）：81-86.
Wang D Y. Research on waterproof riveting forming of 5052 aluminum alloy sheet based on DEFORM [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48（12）：81-86.
- [6] 杨荣祥，金龙建. 帘窗支架扣件多工位连续模设计 [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.
- [7] 刘宁，冯竞慧，李欢，等. 某车型内高压成形结构后副车架产品与工艺开发 [J]. 锻压技术，2023，48（9）：81-88.
Liu N, Feng J H, Li H, et al. Development of sub frame products and processes for high-pressure formed structures in a certain vehicle model [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48（9）：81-88.
- [8] 陈建伟，周志明，桑卓越，等. 新能源汽车空心电机轴复合成形工艺数值模拟及优化 [J]. 锻压技术，2023，48（4）：8-15.
Chen J W, Zhou Z M, Sang Z Y, et al. Numerical simulation and optimization on composite forming process for hollow motor shaft of new energy vehicle [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48（4）：8-15.
- [9] 李钦聚，钟永春，王成. 一种半开式金属弹性件成型设备及其成型方法 [P]. 中国：CN111545691A, 2020.
Li Q J, Zhong Y C, Wang C. A fragment forming equipment and its forming method [P]. China: CN111545691A, 2020.
- [10] 王成，朱乐平，钟永春，等. 一种弹片成形设备及其成型方法 [P]. 中国：CN202010421477. 2, 2020.
Wang C, Zhu L P, Zhong Y C, et al. A fragment forming equipment and its forming method [P]. China: CN202010421477.2, 2020.
- [11] 陈鹏，段磊，马舟，等. 汽车左右侧边梁加强板冲压工艺优化及回弹控制研究 [J]. 锻压技术，2023，48（12）：72-80.
Chen P, Duan L, Ma Z, et al. Research on stamping process optimization and rebound control of reinforced plates for automotive left and right side beams [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48（12）：72-80.
- [12] 邢立军，张尧，李玲，等. 厚料窄边圈类止动垫圈零件冲压成形工艺仿真及模具设计 [J]. 锻压技术，2023，48（11）：46-53.
Xing L J, Zhang Y, Li L, et al. Simulation of stamping forming process and mold design for thick material narrow edge ring type stop washer parts [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48（11）：46-53.

《锻压技术》全文获取通道全线开通！

方式1：官方网站

1. 点击首页过刊目录

2. 点击文章

3. 点击即可下载全文

方式2：《锻压技术》杂志微信公众号

1. 点击“电子刊”

2. 点击封面进行阅读