

航空座椅连接件多工位级进模设计

王 巍, 李 珍, 张 贺, 吴黎艳
(沈阳航空航天大学 民用航空学院, 辽宁 沈阳 110136)

摘要: 根据航空座椅连接件的形状、尺寸、材料以及生产要求, 对其进行冲压工艺分析。设计了由 4 个冲裁工位、4 个弯曲工位、2 个翻边工位、1 个压型工位、1 个切断工位和 2 个空工位构成的排样方案。该排样采用单侧载体, 步距为 50 mm, 材料利用率为 45.1%, 提出采用多工位级进模进行生产。由于该工件的结构中弯曲成形较多, 回弹不易控制, 对其材料的回弹角进行了仿真, 在弯曲成形中考虑了回弹量并进行模具补偿。为了便于维修和拆卸, 采用直通式异形凸模, 采用悬挂式销钉固定; 圆孔冲裁凸模采用阶梯台肩固定, 凹模均采用镶块式结构; 并采用定位销进行定位, 保证了模具精度。经过试模生产, 多工位级进模的结构设计合理, 能够满足零件的精度要求。

关键词: 航空座椅连接件; 多工位级进模; 排样; 弯曲; 回弹

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2022.10.031

中图分类号: TG386 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2022) 10-0223-06

Design on multi-station progressive die for aero seat connector

Wang Wei, Li Zhen, Zhang He, Wu Liyan
(Civil Aviation College, Shenyang Aerospace University, Shenyang 110136, China)

Abstract: Based on the shape, size, material and production requirements of aero seat connector, its stamping process was analyzed, and a layout scheme consisting of four blanking stations, four bending stations, two flanging stations, one pressing station, one cutting station and two empty stations was designed, which adopted a single-sided carrier, the step distance was 50 mm and the material utilization rate was 45.1%. A multi-station progressive die was proposed to produce. Because there were many parts in the structure of workpiece need bending, it was difficult to control the springback. Therefore, the springback angle of the material was simulated, the springback amount was considered in the bending, and the die compensation was conducted. Furthermore, in order to facilitate maintenance and disassembly, the straight through special-shaped punch was used and fixed by suspended pins. Then the blanking punches with round holes were fixed by the stepped shoulder structures, the dies adopted the insert block structure, and the positioning pins were used to ensure the accuracy of the die. The production results show that the structure of multi-station progressive die is reasonable, which can meet the accuracy requirements of the part.

Key words: aero seat connector; multi-station progressive die; layout; bending; springback

1 连接件冲压工艺性分析

图 1 为航空座椅连接件零件图, 该零件为金属冲压件。材料选用 Al6111 型铝合金, 其折弯性能较好, 强度、硬度、耐磨性和抗疲劳性能优异, 被广泛应用于航空结构件的设计与制造^[1]。该零件的形状复杂, 零件上有 4 个小孔, 分别为 3 个尺寸不同的圆孔和 1 个矩形孔; 零件上有 4 个弯曲的区域,

分别为 U 形弯曲、L 形弯曲和盒型弯曲。而且零件的总体尺寸较大, 外形尺寸为 59 mm×45 mm×19 mm, 但料厚 t 仅为 (1 ± 0.02) mm, 零件较薄。其主要技术要求为: 折弯角度的公差为 $\pm0.05^\circ$, 尺寸公差为 IT9 级; 表面无划痕, 无压伤, 不可变形, 产品不能有尖角, 折弯根部不能有压印^[2-3]。

零件的年生产批量为十万件, 需要冲裁、压型、弯曲、翻边等多道冲压工序^[4]。其中, 弯曲工序比较复杂, 尤其是盒型弯曲需要多次成形。弯曲工艺会产生回弹、弯裂和压痕等缺陷。为了保证零件的成形质量和生产批量要求, 本文选用多工位级进模进行生产。多工位级进模能够在冲床的一次冲程中同时完成模具不同工位的多种冲压工序, 适用于生产批

收稿日期: 2021-09-27; 修订日期: 2021-12-25

基金项目: 航空科学基金资助项目 (2020Z006054002)

作者简介: 王 巍 (1978-), 女, 博士, 副教授

E-mail: wangwei7832@163.com

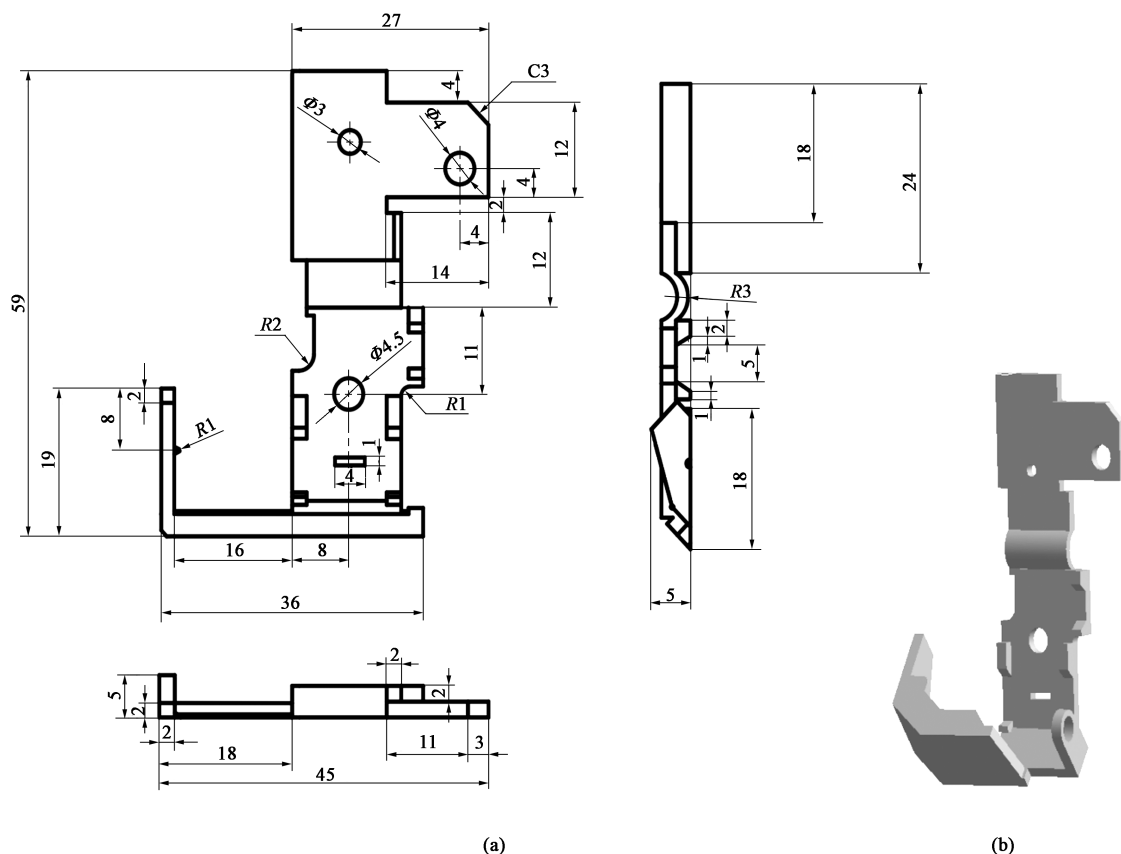


图 1 航空座椅连接件零件图

(a) 二维图 (b) 三维图

Fig. 1 Part drawings of aero seat connector

(a) 2D drawing (b) 3D drawing

量大、尺寸精度高、生产成本低的小型冲压件^[5]。

2 排样设计

排样设计为多工位级进模设计的关键,排样图能清晰地展现出从毛坯转化为产品的全工序过程^[6]。排样设计的好坏,直接关系到模具设计的成功与否^[7]。模具选用由左向右自动送料,并通过导正销进行精定位,该排样方案设置了 14 个工位,送料步距为 (50 ± 0.1) mm,导正孔直径设置为 $\Phi 3$ mm,搭边值取 3 mm,条料宽度为 $100_{-0.2}^0$ mm。材料利用率为 45.1%^[8]。各工位的顺序依次为:冲制导正孔→冲制各类型孔→冲切弯曲件局部外形→弯曲成形→切断等^[9]。由于该制件需要多步弯曲,因此,排样设计时先弯曲外角、再弯曲内角以完成多步弯曲。为了增加模具的强度,在排样中设置一定数量的空工位。

基于以上原则,排样设计如图 2 所示,采用单侧载体斜排方式。工位 1 为冲制导正孔、冲制零件

矩形孔和两个 $\Phi 4$ mm 的圆孔、冲制 $\Phi 3$ mm 的圆孔以及镗窝;工位 2 为冲制 $\Phi 4.5$ mm 的圆孔和箭头异形孔;工位 3 和工位 4 为冲裁零件外形;工位 5 为盒型弯曲工位,先弯曲外角,将零件右下角向上折弯 90° ;工位 6 为盒型弯曲工位,零件左下角向上折弯 45° ;由于此处工序较为集中,为了达到零件在成形过程中变形量的合理分配,保证凸、凹模有足够的安装空间和强度^[10],设置工位 7 为空工位;工位 8 为盒型弯曲工位,将工位 5 弯曲完成的 90° 以及工位 6 弯折的 45° 再沿弯折线向上弯曲 90° ;为了避免模具干涉,设置工位 9 为空工位;工位 10 为 L 形弯曲工位,零件右边的耳朵状部位向上弯曲 90° ;工位 11 为 U 形弯曲工位,中间左右两侧 90° 向上弯曲;工位 12 为弯曲工位,零件下部的盒型区域向上折弯 45° ;所有的弯曲圆角半径均为 2 mm;工位 13 为冲凸台;工位 14 为切断工位,切断载体以获得冲压制件。

3 级进模总体结构设计

由于零件有多道弯曲工序,为保证其成形质量,

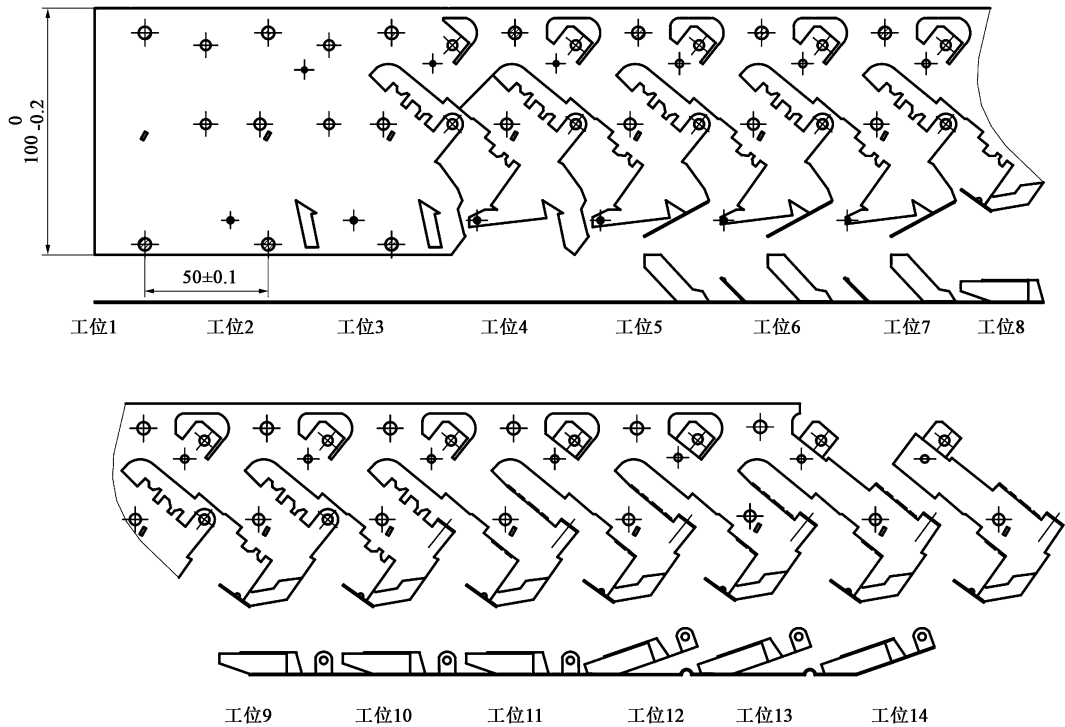


图 2 排样设计图

Fig. 2 Drawing of layout design

采用仿真软件 PAM-STAMP 对零件进行弯曲仿真。材料选用 Al6111 铝合金，选取弯曲半径为 2 mm，料厚设置为 1 mm，进行 90°弯曲，测得其回弹角为 1.2°~1.5°，表面无弯裂现象，如图 3 所示。折弯时通过预先测定的回弹角进行弯曲模设计，可以有效补偿回弹，进一步保证零件的成形精度。根据排样方案，航空座椅连接件的模具装配图如图 4 所示。

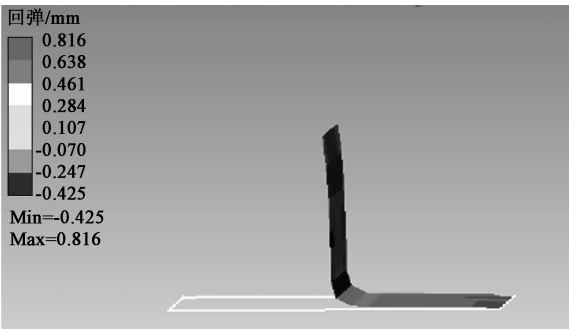


图 3 回弹仿真图

Fig. 3 Drawing of springback simulation

3.1 模具总体结构

模具采用顺装结构，废料和零件自动分离^[11]。模具长度为 880 mm、宽度为 480 mm，闭合高度为 390 mm，冲程开合距离为 60 mm。上模部分由上模

座、上垫板、凸模固定板、卸料板盖板、卸料板以及各个凸模组成。下模部分由凹模固定板、下垫板、下模座以及各个凹模镶块组成。为了提高模具导向精度，采用四导柱滚动导向模架，由自动送料器自动送料，双排导正销对条料位置进行精确定位。卸料螺钉与卸料板组成卸料装置，上/下模板、凸/凹模垫板和凸/凹模固定板，均通过螺钉上下连接。

3.2 模具主要结构设计

模具结构主要分为冲裁和弯曲两个部分。冲裁凸模结构大多选用直通式凸模，便于加工，拆卸方便。工位 1 冲零件矩形孔、导正孔和零件上 $\Phi 3$ mm 和 $\Phi 4$ mm 的圆孔时，冲导正孔凸模 13、冲孔凸模 14、冲裁凸模 15、17 采用直通式凸模，阶梯台肩固定。凸模台肩与凸模垫板采用 H7/m6 过盈配合。工位 2 冲零件上 $\Phi 4.5$ mm 的圆孔，利用冲裁凸模 18 冲箭头状的异性孔，采用直通式凸模。工位 3 和工位 4 冲裁零件外形时，因为冲裁凸模 19 尺寸较大，不利于加工，采用 A、B、C 3 个凸模拼装而成，冲裁凸模 20 形状复杂，采用 D、E 两个凸模拼装，如图 5 所示。利用销钉悬挂式固定，便于维修拆卸，加工较为方便。冲裁凸、凹模均采用线切割加工，冲裁间隙为 0.1 mm。冲裁凹模采用凹模镶块结构，

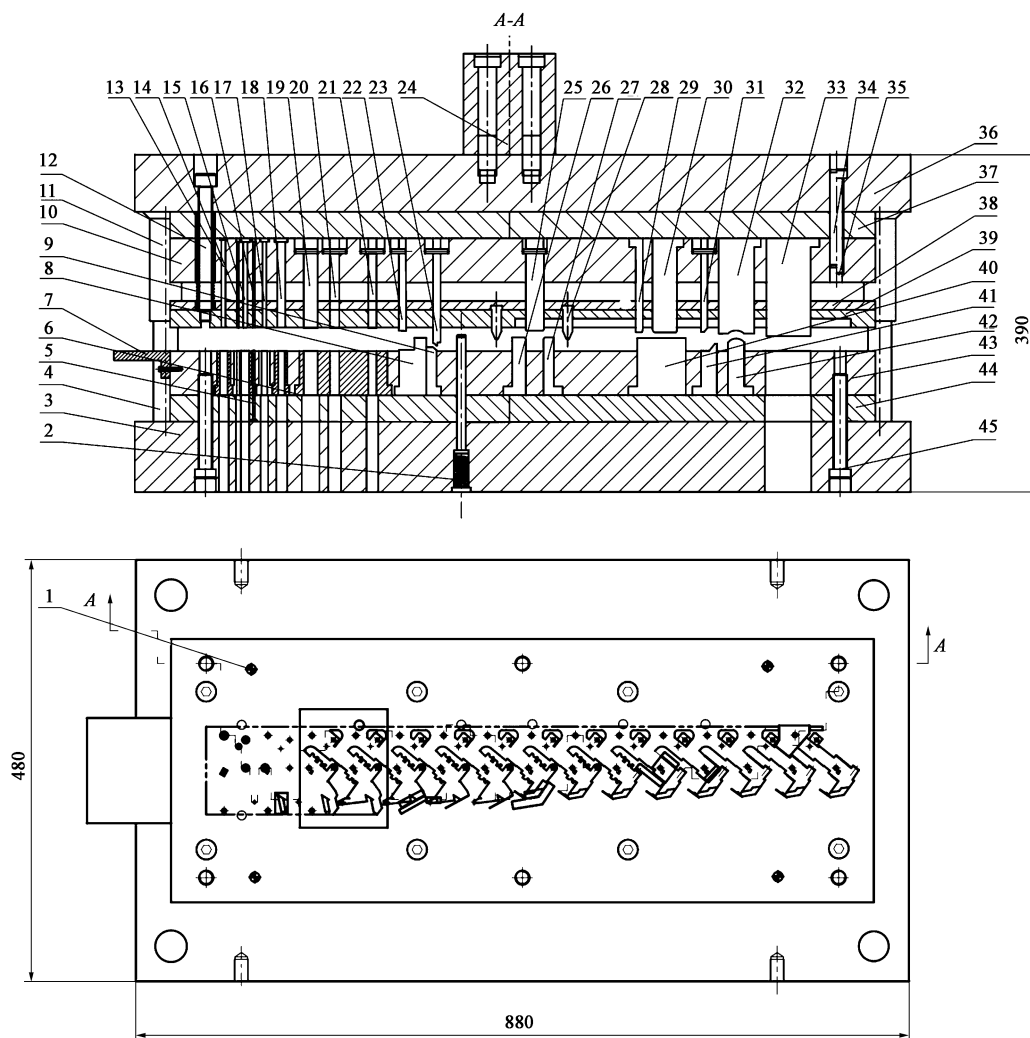


图 4 模具总装图

- 1、34. 销钉 2. 顶料销 3. 下模座 4. 导柱 5. 成形凸模 6. 凹模镶块 7. 承料板 8、9、26、27、40、41、42. 弯曲凹模
10. 凸模固定板 11. 导套 12. 卸料螺钉 13. 冲导正孔凸模 14. 冲孔凸模 15、17、18、19、20、21、33. 冲裁凸模
16. 成形凹模 22、23、25、29、30、31、32. 弯曲凸模 24. 模柄 28. 导正销 35. 上模固定螺钉 36. 上模座
37. 上垫板 38. 卸料板盖板 39. 卸料板 43. 凹模固定板 44. 下垫板 45. 下模固定螺钉

Fig. 4 Assembly drawing of die

镶块材料选用 Cr12MoV 钢，淬火至 55~60 HRC，镶块结构易于维修和维护^[12]。

该零件的弯曲工序较多，将其分为多个工位，由工位 5~工位 13 进行弯曲成形，弯曲模分步设计，简化了模具结构，提高了弯曲质量。零件的盒型弯曲区域比较复杂，分为 3 个工序完成。第 1 步弯折：工位 5 零件右下角外角向上弯折 90°，由弯曲凸模 22 和弯曲凹模 8 配合完成；第 2 步弯折：工位 6 零件左下角向上弯折 45°，由弯曲凸模 23 和弯曲凹模 9 配合完成，如图 6a 所示；第 3 步弯折：工位 8 内角 90°的向上弯折，由弯曲凸模 25 和弯曲凹模 26、27 共同作用实现，如图 6b 所示。为了保证弯曲成

形部分不受破坏，在卸料板上设计出预留空间^[13]。工位 12 利用弯曲凸模 31 和弯曲凹模 40 实现零件下部向上折弯 45°。工位 13 利用弯曲凸模 32 与弯曲凹模 41 配合实现零件凸台。经过试模生产，料带图如图 7 所示，零件的成形质量较高。

4 结论

(1) 针对航空座椅连接件的结构特点，通过对其进行冲压工艺性分析，确定连接件零件的冲压模具类型。

(2) 按照切废料、冲裁、多次弯曲、切断等冲

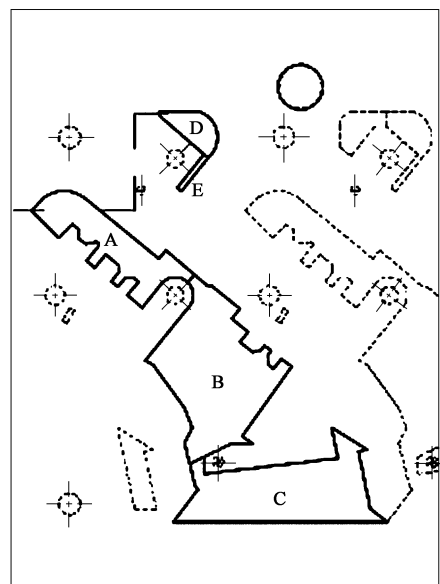


图 5 冲裁凸模 19 和 20
Fig. 5 Punching punches 19 and 20

压工序完成连接件零件的排样设计，共 14 个工位，送料步距为 (50 ± 0.1) mm，冲裁间隙为 0.01 mm，条料宽度为 100 mm。材料利用率为 45.1%，在多道弯曲工序间增设空工位，保证了凹模强度和成形质量。

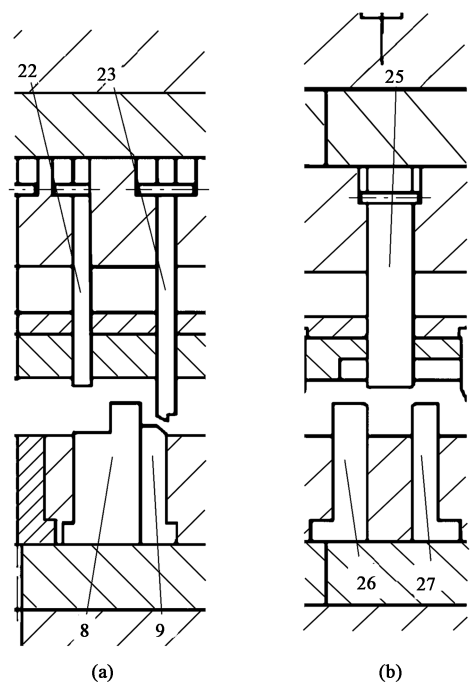


图 6 弯曲模具
(a) 第 1 步和第 2 步弯折 (b) 第 3 步弯折
8、9、26、27. 弯曲凹模 22、23、25. 弯曲凸模

Fig. 6 Bending dies
(a) The first and second steps of bending
(b) The third step of bending



图 7 产品料带图
Fig. 7 Drawing of product strip

(3) 根据排样图对多工位级进模的整体结构进行了设计，针对零件下部的复杂弯曲采取了先弯曲两个外角、再弯曲内角的分步弯曲方案。异形凸模均采用直通式，采用悬挂式销钉固定，圆孔冲裁凸模采用阶梯台肩固定，凹模均采用镶块式结构。

(4) 对多工位级进模设计方案进行了模具加工、模具装配，并在压力机上进行了制件生产，最终制件的尺寸精度、成形质量均满足要求。

参考文献：

[1] 郑伟, 李赫亮, 袁晓光, 等. 汽车用 AlMgSi 系合金板材的研究现状及发展趋势 [A]. 中国机械工程学会铸造分会. 2010 年中国铸造活动周论文集 [C]. 中国机械工程学会铸造分

会, 2010.
Zheng W, Li H L, Yuan X G, et al. Auto plate AlMgSi alloy with the present research situation and development trend [A]. Foundry Branch of China Society of Mechanical Engineering. Papers of China Foundry Weekly 2010 [C]. Foundry Branch of China Society of Mechanical Engineering, 2010.
[2] 金龙建, 陈炎嗣. 多工位级进模排样工艺分析 [J]. 模具制造, 2012, 12 (10): 44-50.
Jin L J, Chen Y S. Analysis of layout process for the multi-position progressive die [J]. Die & Mould Manufacture, 2012, 12 (10): 44-50.
[3] 陈泽中, 刘欢, 谢洪昊, 等. 22MnMoB 钢汽车后地板横梁热冲压成形数值模拟和工艺研究 [J]. 塑性工程学报, 2020, 27 (2): 13-20.

- Chen Z Z, Liu H, Xie H H, et al. Numerical simulation and process analysis of 22MnMoB steel in hot stamping for automobile rear floor crossmember [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2020, 27 (2): 13-20.
- [4] 范鹏飞, 杨俊杰. 旋转卡扣多工位级进模设计 [J]. 模具制造, 2017, 17 (11): 28-33.
- Fan P F, Yang J J. Design of multi-station progressive die for the rotary buckle [J]. Die & Mould Manufacture, 2017, 17 (11): 28-33.
- [5] 佟玉斌, 葛紫红. 多次弯曲弹性元件多工位级进模设计 [J]. 热加工工艺, 2011, 40 (13): 175-177.
- Tong Y B, Ge Z H. Design of multi-position progressive die for multi-step bending elastic element [J]. Hot Working Technology 2011, 40 (13): 175-177.
- [6] 曹秒艳, 田少杰, 胡晗, 等. 超声振动辅助铝合金板冲裁研究 [J]. 塑性工程学报, 2020, 27 (3): 1-9.
- Cao M Y, Tian S J, Hu H, et al. Research on ultrasonic vibration assisted blanking of aluminum alloy sheet [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2020, 27 (3): 1-9.
- [7] 徐涛涛, 孔垂品, 李俊杰, 等. 汽车覆盖件冲压工艺分析系统 [J]. 塑性工程学报, 2020, 27 (5): 74-82.
- Xu T T, Kong C P, Li J J, et al. Process analysis system for stamping of automobile panel [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2020, 27 (5): 74-82.
- [8] 袁博, 陈淑花, 张耀, 等. 压簧折弯多工位级进模具设计 [J]. 锻压技术, 2021, 46 (5): 190-193.
- Yuan B, Chen S H, Zhang Y, et al. Design on multi-station progressive die for pressure spring bending [J]. Forging & Stamping Technology, 2021, 46 (5): 190-193.
- [9] 闫华军, 王峰, 刘玉忠, 等. 书夹件多工位级进模设计 [J]. 热加工工艺, 2014, 43 (11): 120-122.
- Yan H J, Wang F, Liu Y Z, et al. Design of multi-station progressive die for bookend parts [J]. Hot Working Technology, 2014, 43 (11): 120-122.
- [10] 胡治昌, 魏志芳, 李晓光, 等. 基于 NX 高级仿真的弹壳冲头工序数字化模型研究 [J]. 塑性工程报, 2017, 24 (2): 122-127.
- Hu Y C, Wei Z F, Li X G, et al. Digital model study on the cartridge case extrusion forming based on NX advanced simulation [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2017, 24 (2): 122-127.
- [11] 王巍, 张贺, 崔旭, 等. 卡爪多工位级进模设计 [J]. 锻压技术, 2020, 45 (10): 137-141.
- Wang W, Zhang H, Cui X, et al. Design of multi-progressive die for claw [J]. Forging & Stamping Technology, 2020, 45 (10): 137-141.
- [12] 李云涛, 尹博, 孙文强, 等. 激光功率对 Cr12MoV 钢激光淬火强化的影响 [J]. 模具工业, 2013, 39 (4): 73-76.
- Li Y T, Yi B, Sun W Q, et al. Effects of laser power on laser quenching of Cr12MoV steel [J]. Die & Mould Industry, 2013, 39 (4): 73-76.
- [13] 谭丁森, 张建勋, 秦庆华. 带环形焊缝双金属复合管屈曲失效研究 [J]. 塑性工程学报, 2021, 28 (2): 154-161.
- Tan D S, Zhang J X, Qin Q H. Research on buckling failure of bimaterial metal pipes with girth weld [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2021, 28 (2): 154-161.

欢迎关注“锻压技术杂志”微信公众号

@杂志动态 @行业信息 @企业宣传



• 锻造 • 冲压 • 钣金 • 模具 • 加热 • 标准化 •