

模具

基于 AutoForm 的指纹锁壳体零件多工位传递模设计

余 健¹, 易自红², 张英本³

(1. 嘉兴南洋职业技术学院 机电与交通分院, 浙江 嘉兴 314031;

2. 嘉兴如邑智能科技有限公司 模具开发部, 浙江 嘉兴 314031; 3. 浙江协同光电科技有限公司 技术部, 浙江 嘉兴 314031)

摘要: 运用有限元软件对指纹锁壳体零件的成形过程进行模拟分析, 获得了合理的工艺方案, 并设计了一套基于伺服机械手送料的多工位传递模。并针对侧面收口成形后制件筒口边缘部位形成倒扣特征造成的放料、定位和取件困难的问题, 在侧面收口、侧面整形、侧冲孔和切口工位将工作零件设计为活动式模组结构, 运用模内、模外多套导向系统对上下模及模内运动部件作导向。经试模生产, 模具工作可靠、制件表面质量及尺寸精度符合技术要求, 生产效率较原单工序模具有较大提高, 可为同类产品的工艺方案优化及模具结构设计提供参考。

关键词: 指纹锁壳体; 侧面收口成形; 多工位传递模; 活动式模组; 尺寸精度

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2024.06.024

中图分类号: TG386.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2024) 06-0189-08

Design of multi-station transfer die for fingerprint lock shell part based on AutoForm

Yu Jian¹, Yi Zihong², Zhang Yingben³

(1. School of Mechanical and Electrical and Transportation, Jiaxing Nanyang Polytechnic Institute, Jiaxing 314031, China;

2. Die Development Department, Jiaxing Ruyi Intelligent Technology Co., Ltd., Jiaxing 314031, China;

3. Technical Department, Zhejiang Xietong Optics-electronics Co., Ltd., Jiaxing 314031, China)

Abstract: The forming process of fingerprint lock shell part was simulated and analyzed using finite element software, the reasonable process scheme was obtained, and a set of multi-station transfer die based on servo mechanical hand feeding was designed. Then, in view of the difficulties in material feeding, positioning and taking out caused by the inverted characteristics at the edge part of barrel mouth after side closure forming, the working parts were designed into a movable module structure at the side closure, side shaping, side punching and cutting stations, and the multiple sets of guiding systems outside and inside the die were used to guide the movement components of the upper and lower dies and inside the die. After trial production, the results show that the die work is reliable, the surface quality and dimensional accuracy of the parts meet the technical requirements, and the production efficiency is significantly improved compared with the original single-process die. Thus, it can provide reference for the process scheme optimization and the die structure design of similar products.

Key words: fingerprint lock shell; side closure forming; multi-station transfer die; movable module; dimensional accuracy

指纹锁壳体是某新型指纹杯的重要零件, 其结构尺寸和三维模型如图 1 和图 2 所示, 材料为 1304 不锈钢, 厚度为 0.9 mm, 由板料冲压成形, 大批量生产。原生产工艺采用单工序工程模、多工序手动上下料冲压生产, 其生产效率低, 且因工序间定位误差的累积, 废品率高。本文旨在研究小型多工序复杂成形件采用的基于伺服机械手自动送料的多工位传递模生产工艺, 以实现冲压过程的自动生产,

提升指纹锁壳体零件的冲压生产效率及成形质量, 达到更好的经济效益^[1-2]。

1 产品成形工艺分析

指纹锁壳体的整体结构为圆形拉深件, 外表面为外观面, 内表面为装配面, 底面有凸包和筋, 侧面有方孔和圆孔, 筒口边缘有内收口, 凸缘部分有 4 个切口, 其成形工艺主要包括拉深、整形、切边、侧冲孔、侧面收口、切口等工序。侧面收口后制件凸缘部分尺寸略小于筒壁尺寸, 因此, 切边工序应在侧面收口工序之前, 为保证 4 个切口部位的尺寸

收稿日期: 2024-02-28; 修订日期: 2024-05-30

基金项目: 浙江省教育厅一般科研项目 (Y202250317)

作者简介: 余 健 (1982-), 男, 硕士, 副教授

E-mail: 24669791@qq.com

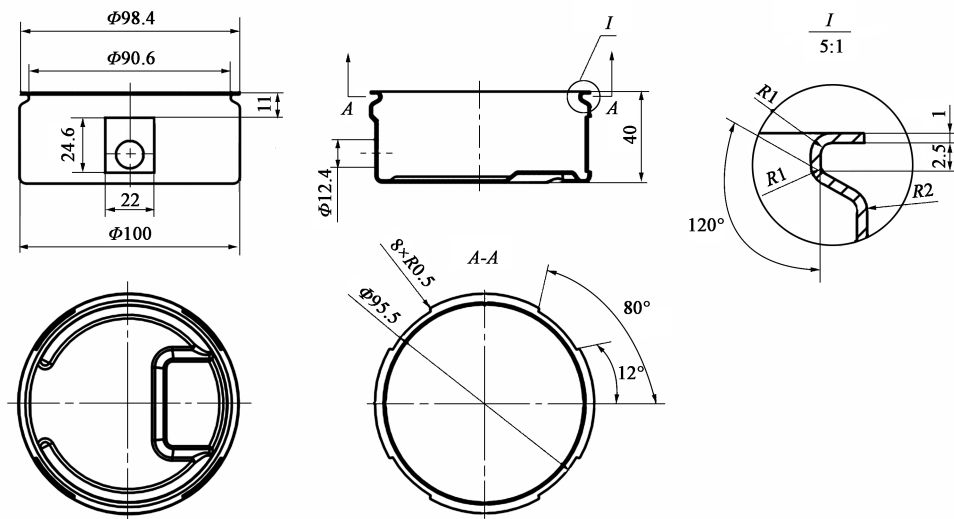


图 1 指纹锁壳体零件图

Fig. 1 Part drawing of fingerprint lock shell



图 2 指纹锁壳体零件三维模型

Fig. 2 3D model of fingerprint lock shell part

精度,切口工序须安排在侧面收口工序之后。根据制件的结构及成形工艺特点,无法采用带料连续送料的多工位级进模具生产,综合考虑零件的技术要求和工艺难点,设计使用圆形坯料,并采用机械手同步送料的多工位传递模生产,以保证零件的尺寸精度和批量生产要求。

去除制件侧面的方孔、圆孔和凸缘上的切口,制件在侧面收口前为一带凸缘的圆筒形拉深件,运用 CAE 软件分析出凸缘直径 d_1 为 $\Phi 109.4$ mm,筒部中线直径 d 为 $\Phi 99$ mm,侧拉深件相对直径 d_1/d 为 1.1,查拉深件切边余量表得到切边余量 ΔR 为 4.3 mm^[3]。假设制件为不变薄拉深,即拉深前坯料体积与成形后制件体积相等,运用体积法计算零件展开后的毛坯直径 D 为:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi t}} \quad (1)$$

式中: V 为拉深件体积; t 为材料厚度。

圆筒形拉深件加上凸缘部分的切边余量 ΔR 后,

运用体积法,计算得出拉深件展开后的毛坯直径 D 为 $\Phi 171$ mm。毛坯相对厚度 t/D 为 0.52%,第 1 次拉深的极限相对高度 h_1/d_1 (其中, h_1 为第 1 次拉深高度, d_1 为第 1 次拉深后筒部中线直径) 为 0.5~0.6,大于凸缘制件的相对高度 0.41,理论上能够一次拉深成形^[3]。

分析制件成形有如下特点: (1) 侧面有压平区域,底部有凸包和拉延筋,实际拉深过程并非为纯圆筒拉深; (2) 凸缘圆角和底部过渡圆角半径均较小,拉深时变形抗力大,拉裂风险高; (3) 为便于出件,侧面收口、切口等工位的工作零件需设计为活动结构且在冲压过程中有多个方向的运动,模具结构及模具内零件运动情况较复杂。制件在成形过程中造成料片过度减薄、开裂、起皱等缺陷的因素众多,主要包括材料性能、成形工艺、模具状况等^[4-9]。为保证模具结构设计的可靠性和准确性,运用 AutoForm 软件对拉深、侧面收口等影响产品成形质量的关键工序进行有限元分析,预测零件可能存在的成形缺陷^[10-11],优化工艺参数,将传统模具的试制和返修两个环节在软件中完成,使模具返修变为几何模型的修改,从而降低模具的开发成本^[12-13]。

2 零件成形有限元仿真与分析

2.1 拉深工序有限元分析

拉深工序以侧面收口成形前的半成品制件为研究对象,应用 UG 软件抽取制件外表面并导入 AutoForm,设置冲压方向、选择材料,单动拉延成形性

模拟结果如图 3 所示。从 AutoForm 软件中观察拉深变形过程，在距离下死点 16 mm 处，制件底角部位开始出现过度变薄并趋向开裂，当到达下死点时，趋向开裂部分面积达到 5%。进一步做失效分析，将最大失效值设置为 0.8，保留 0.2 的安全裕度，显示方式为超出范围，得到最大失效云图如图 4 所示，其中深色区域为失效区域。

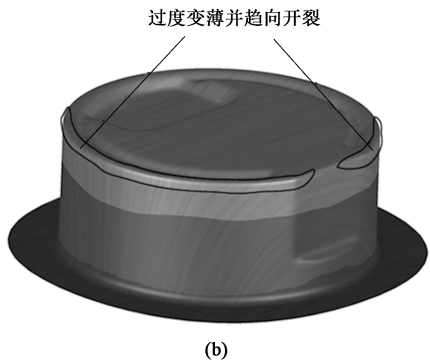
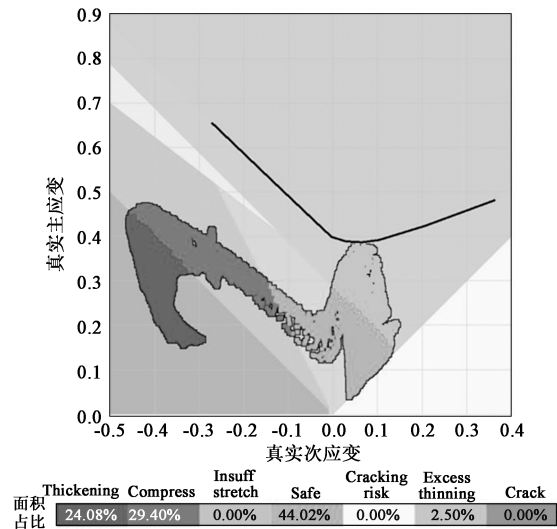


图 3 拉深成形性模拟图
(a) 成形极限图 (b) 成形云图
Fig. 3 Simulation diagrams of drawing formability
(a) Forming limit diagram (b) Forming nephogram

经 CAE 分析，制件采用一次拉深成形，底部出现开裂的风险较大，因此，考虑采用拉深和整形两道工序成形。在第 1 道拉深工序，通过增大凸缘圆角半径降低材料注入凹模的阻力，从而降低开裂风险，再通过整形工序来保证制件的最终成形尺寸。将拉深凹模凸缘圆角半径增大至 4 mm，拉深凸模底部圆角半径增大至 3 mm，得到经拉深、整形两道工序后的成形性模拟结果如图 5 所示，最大失效云图如图 6 所示，制件上无过度变薄并趋向开裂的失效区域，说明优化后的成形工艺方案是可行的。

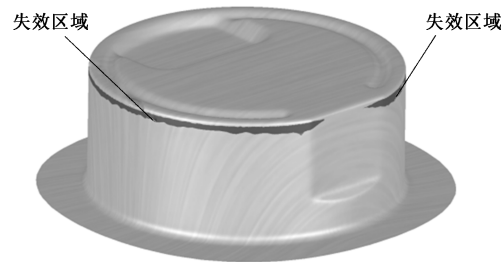


图 4 拉深最大失效云图
Fig. 4 Maximum failure nephogram of drawing

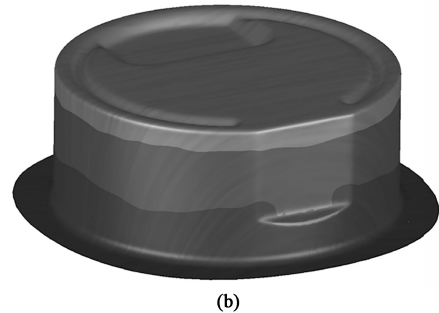
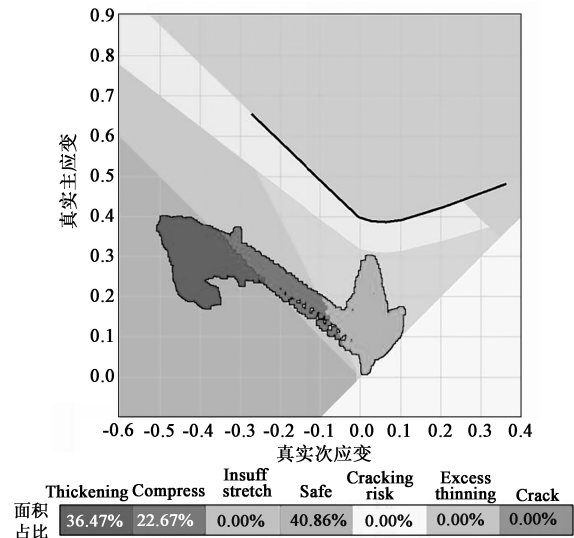


图 5 拉深凹模凸缘圆角半径为 4 mm 时的拉深成形性模拟图
(a) 成形极限图 (b) 成形云图
Fig. 5 Simulation diagrams of drawing formability with flange rounded radius of 4 mm for drawing die
(a) Forming limit diagram (b) Forming nephogram

2.2 侧面收口成形有限元分析

侧面收口成形时，为了能够脱料，凹模应设计为活动可分式，而在实际成形过程中，活动凹模在完全撑开后，上模斜楔再推动活动凸模滑块完成侧面收口成形，因此，凹模结构对制件的收口成形无影响。在进行 CAE 分析时，为了方便计算，将凹模假想为一整体式，凸模与实际结构一致，为 3 个活

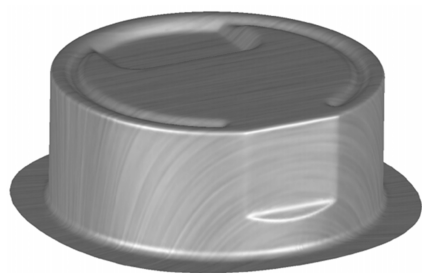


图 6 拉深凹模凸缘圆角半径为 4 mm 时的最大失效云图

Fig. 6 Maximum failure nephogram with flange rounded radius of 4 mm for drawing die

动式扇形凸模。整体式凹模定义为上模, 3 个活动式凸模定义为斜楔, 在 AutoForm 中建立侧面收口成形分析的有限元模型, 如图 7 所示, 3 个斜楔上的箭头指向其运动方向, 成形凹模和压料板上的箭头为其对制件施加的压料力的方向。

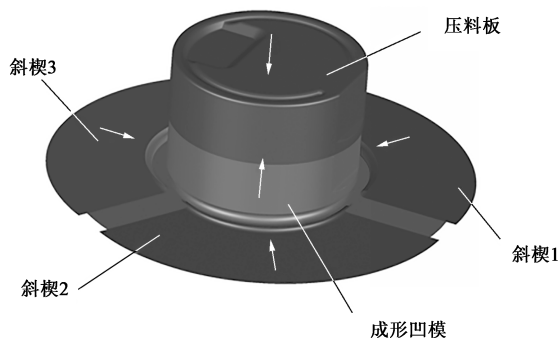


图 7 侧面收口成形有限元分析模型

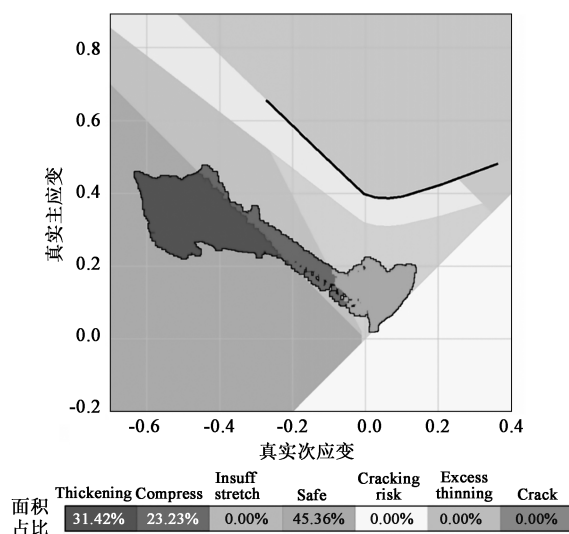
Fig. 7 Finite element analysis model of side closure forming

侧面收口成形模拟结果如图 8 所示, 收口变形区域无开裂, 斜楔结合部位无明显起皱, 实际冲压生产为提高斜楔结合处的成形质量、保证收口部位的尺寸精度, 可考虑增加一道整形工序, 且在整形工序将活动凸模旋转 45° 。

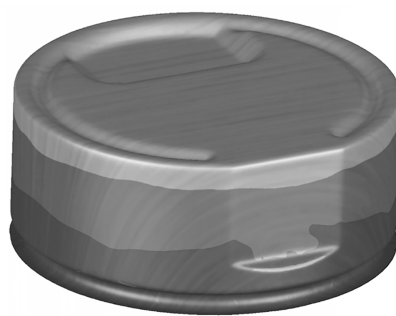
3 多工位传递模具设计

3.1 排样设计

根据 CAE 分析结果制定如下工艺方案: 制件外形采用拉深、整形两道工序成形; 侧面收口部位采用一道成形工序和一道整形工序, 在整形工序将活动凸模旋转 45° 以提高斜楔接触处的成形质量, 减小收口处的回弹; 切边安排在侧面收口之前; 侧面的方孔和圆孔呈 180° 对称布置, 因此, 将两处侧冲安排在同一道工序, 冲孔时模具所受斜楔在前后两个方向的作用力可在一定程度上相互抵消, 以提高



(a)



(b)

图 8 侧面收口成形性模拟图

(a) 成形极限图 (b) 成形云图

Fig. 8 Simulation diagrams of side closure formability

(a) Forming limit diagram (b) Forming nephogram

冲压过程的稳定性, 延长模具的使用寿命; 为保证凸缘部位 4 个小切口的尺寸精度, 将切口安排在最后。坯料为预先冲裁好的圆形料片, 采用 7 工位机械手同步送料, 模具为多工位传递模, 具体排样方案如图 9 所示。

3.2 模具结构设计

指纹锁壳体零件多工位传递模具结构如图 10 所示, 拉深、整形、切边、侧成形、侧整形、侧冲孔和切口 7 个工位即为 7 套单工序模具, 共用一个正装结构 4 导柱^[14]模架, 运用机械手同步送料, 在一次冲压中同时完成制件在 7 个工位的成形。模具采用四导柱滚动导向模架, 每个工位的上、下模间均由小导柱导套构成的导向系统进行导向; 拉深和整形工位, 压料板也起顶件作用, 由内置导柱导套保证其运动的可靠性; 侧成形、侧整形和侧冲孔工位, 在冲压过程中, 活动凹模、滑块等零件在做平面滑动的同时, 还随活动垫板一起上下运动, 为保证模

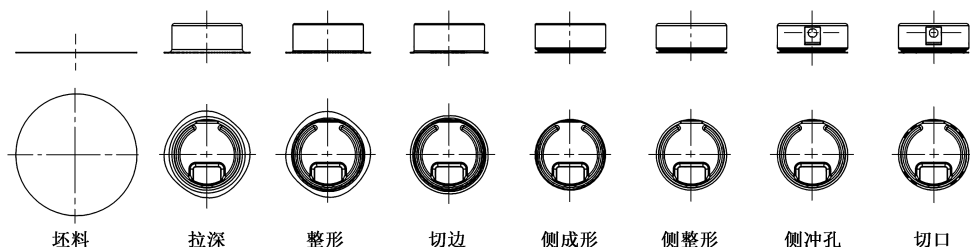


图9 指纹锁壳体零件成形工位图

Fig. 9 Forming station diagram of fingerprint lock shell part

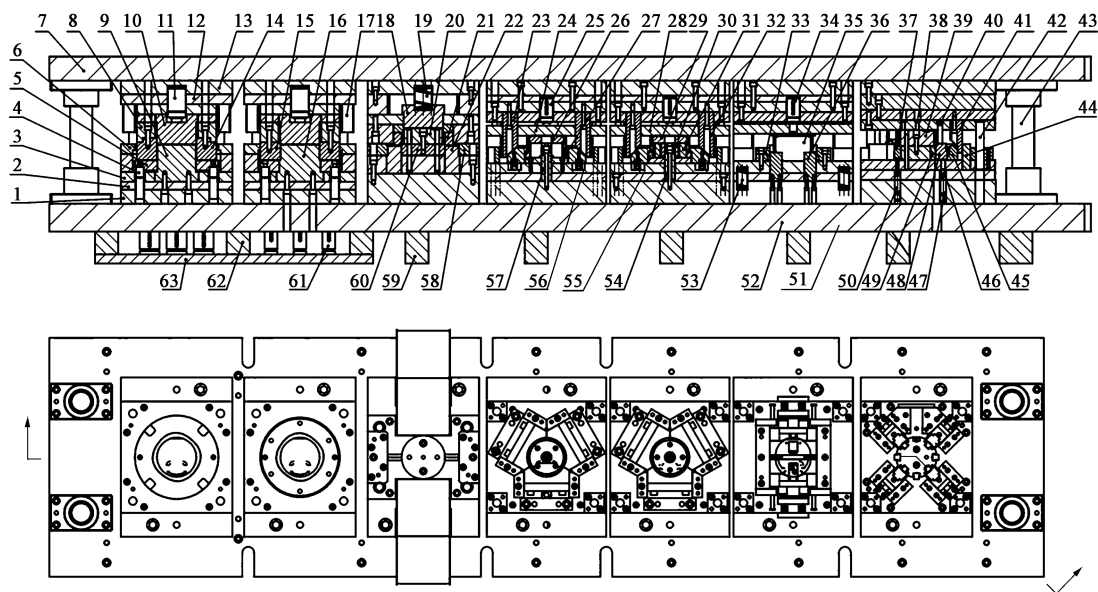


图10 指纹锁壳体零件多工位传递模具结构图

1. 下背板 2. 下垫板 3. 拉深凸模固定板 4、42. 内导柱 5、24、28. 压料板 6. 止挡板 7. 上模座 8. 拉深凹模固定板 9. 拉深凸模
10、18. 推件块 11、25、34、61. 氮气弹簧 12. 上垫板 13. 上夹板 14. 拉深凹模 15. 整形凹模 16. 整形凸模 17. 导柱护套
19. 推件弹簧 20、26、29、39. 定位块 21. 切边凹模 22. 废料切刀 23、32、41. 斜楔 27. 侧成形凹模 30. 侧整形凹模
31. 导向块 33. 滑块压条 35. 活动压料块 36. 锥形板 37. 顶件块 38. 弹性压料销 40. 冲头推杆 43. 外导柱 44. 挡块
45. 滑块 46. 弹性顶杆 47. 止付螺丝 48. 活动切口冲头 49. 刃口镶件 50、53. 压缩弹簧 51. 下模座
52、55、56. 活动垫板 54、57. 锥形柱 58. 凸模压块 59、62. 垫脚 60. 切边凸模 63. 下托板

Fig. 10 Multi-station transfer die structure diagram for fingerprint lock shell part

内活动零件的运动精度和可靠性,活动垫板的上下运动由4套导柱导套作导向。模具运动时,内外多套导向系统同时导向,以保证冲裁间隙,提高冲压精度^[15]。

3.3 送料机械手

根据各工位具有宽度尺寸一致、下模高度一致及模具闭合高度一致的特点,采用横梁式伺服机械手自动送料的技术方案,实现工件在模内各工位间的运输和位置转换,机械手结构主要由固定板、抓取装置、水平送料装置和垂直送料装置组成^[16]。工位间的送料运动路线如图11所示,机械手从初始驻留点Z平移至取料位置Q,下降取料高度至B,上

升送料高度至C,平移至放料位置E,下降放料高度至F,上升至初始驻留高度,平移至初始驻留点Z,在垂直、水平两个平面内通过7步运动实现工位间的取料、送料和放料。

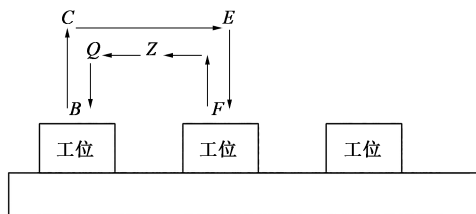


图11 送料运动示意图

Fig. 11 Schematic diagram of material feeding motion

3.4 模具工作过程

7 工位水平同步伺服机械手将工件放置到位, 在压力机作用下, 上模下行, 在 7 个工位同步完成拉深、整形、切边、侧成形、侧整形、侧冲孔和切口。工位 1 和工位 2 中制件被压料板压紧后进行拉深和整形, 拉深凹模前后两个进气口中的高压空气起辅助出件作用; 工位 3 的切边废料由左右对称布置的废料切刀将其切断后从前后废料槽排出; 工位 4 和工位 5 活动垫板上的工作零件在随垫板一起向下运动的同时, 内侧 4 个扇形活动凹模块在下模锥形柱作用下撑开形成侧成形凹模, 斜楔将压力机滑块的垂直运动变为外侧 3 个扇形活动凸模沿径向的水平运动, 完成侧向成形; 工位 6 下模半圆形压料块随活动垫板下行时在锥形板作用下前后张开, 与活动凹模固定板一起压紧工件, 前后两个滑块推动冲孔凸模完成侧面冲孔; 工位 7 制件由弹性压料销压紧, 活动切口冲头在滑块推动下先完成水平定位, 再在上模推杆作用下完成切口冲裁。上模上行, 各活动零件在复位弹簧作用下恢复原位, 机械手完成工件在模内工位上的传递, 并由第 1 工位机械手进

行取料, 第 7 工位机械手完成出件。

4 设计要点

(1) 侧面收口工位, 在侧面收口后制件成倒扣, 为便于脱料, 将凹模、凸模均设计为可作水平和垂直两个方向联动的活动模组, 其结构如图 12 所示。凹模组由 4 个活动的扇形滑块和 4 个活动的 L 形滑块组成, 扇形凹模滑块可沿各自的导向块作径向滑动, 凸模组由 3 个呈 120° 配置的活动凸模滑块组成, 合模时, 上模氮气弹簧的弹力大于下模活动垫板弹簧的弹力, 下模弹簧压缩, 整个凹模组和凸模组随活动垫板一起向下运动, 在下模锥形柱的作用下推动 4 个扇形凹模滑块沿径向向外移, 并带动 L 形滑块一起撑开, 形成侧面收口凹模, 当活动垫板接触到下模板后, 上模氮气弹簧压缩, 斜楔推动 3 个活动凸模滑块同时运动, 完成侧面收口成形。上模上行, 在复位弹簧作用下扇形凹模沿径向向内收, 并带动 L 形滑块复位, 活动凸模滑块向外分开, 以方便侧面成形后的取件。

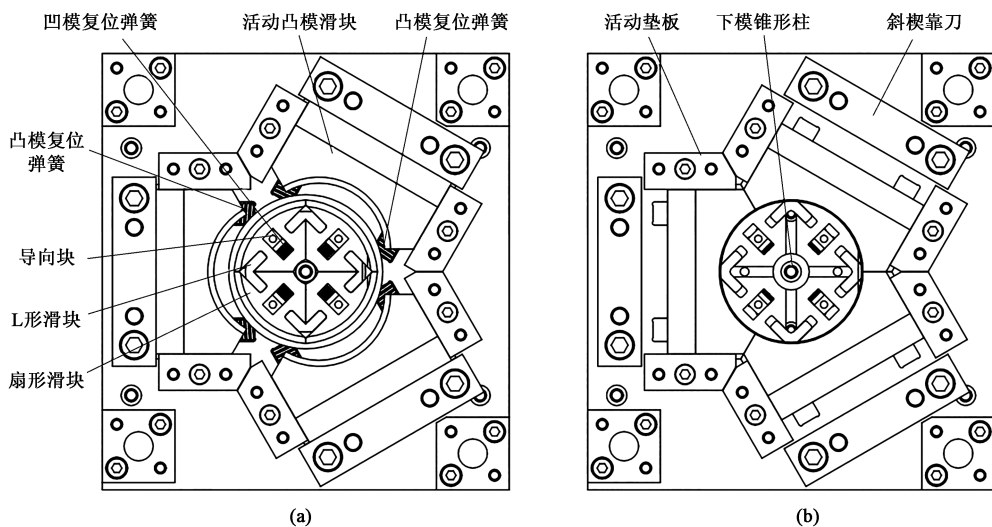


图 12 侧面收口工位活动模组结构

(a) 开模时活动模组位置 (b) 合模时活动模组位置

Fig. 12 Movable module structure of side closure station

(a) Movable module position during die opening (b) Movable module position during die closing

(2) 侧冲孔工位, 为便于制件的放置、压紧及取出, 将压料块设计为两个半圆形活动结构, 两个冲孔凹模也设计为可前后运动的活动滑块结构, 如图 13 所示。上模下行, 锥板推动两个半圆形活动压料块前后张开, 同时前后两个凹模在斜

楔作用下向中间滑动, 并一起压紧制件, 前滑块连接冲孔方凸模, 后滑块连接冲圆孔凸模, 在上模斜楔作用下完成冲孔成形。上模上行, 在弹簧弹力作用下两个半圆形活动压料块向中间回收, 两个活动凹模向外张开, 滑块带动凸模复位, 可

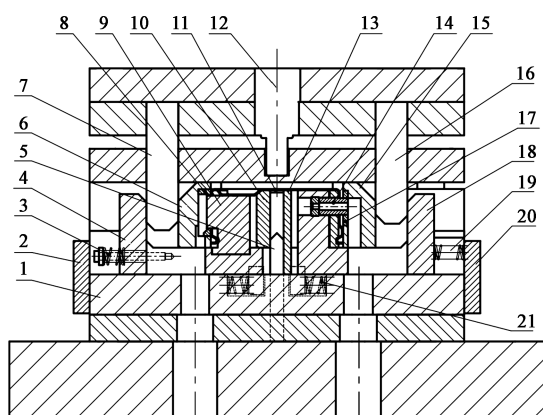


图 13 侧面冲孔工位模具结构

1. 浮料板 2、20. 挡板 3、19、21. 复位弹簧 4. 前滑块 5. 锥板
6、15. 活动凹模固定板 7、16. 斜楔 8. 方孔凹模镶件
9. 方孔凸模 10、13. 半圆形活动压料块 11. 制件
12. 氮气弹簧 14. 圆孔凸模 17. 圆孔凹模镶件 18. 后滑块

Fig. 13 Die structure of side punching station

方便冲孔后取件。

(3) 由于凸缘直径略小于筒壁外径，切口工位刃口冲头需先沿径向运动再向下冲切，冲切完成后，刃口冲头需先向上抬起再沿径向退出，运动空间范围小，运动过程复杂，故将刃口冲头放置在下模，与滑块通过燕尾槽相连，且可沿燕尾槽上下滑动。上模下行，斜楔推动滑块带动刃口冲头沿径向运动，到达冲切位置后，上模继续下行，刚性推杆推动刃口冲头向下运动完成冲切，上模上行，在弹性顶杆作用下刃口冲头回到初始高度，上模继续上行，斜楔脱离滑块，在内置复位弹簧的作用下刃口冲头在平面内复位。弹性压料销起压料作用，防止制件偏移，导正销实现工件的精定位，冲切完成后，浮销和顶件块将制件顶出，方便机械手取件，切口工位模具结构如图 14 所示。

5 结语

应用 AutoForm 有限元分析软件对指纹锁壳体零件的拉深和侧面收口成形过程进行分析，优化并获得了合理的工艺方案，可有效降低模具的设计与制造成本。将工作零件设计为活动式模组结构可以很好地解决侧面收口成形后制件因筒口边缘部位形成倒扣特征而造成的放料、定位和取件困难的问题，可为同类产品的工艺方案优化及模具结构设计提供借鉴。

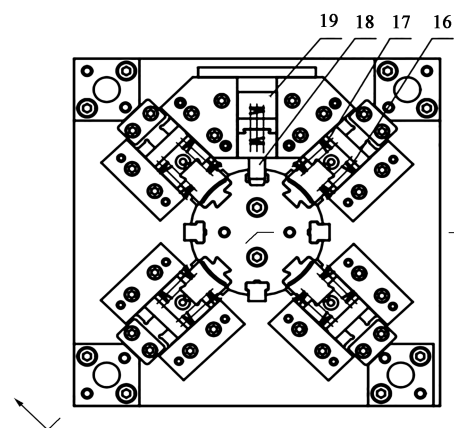
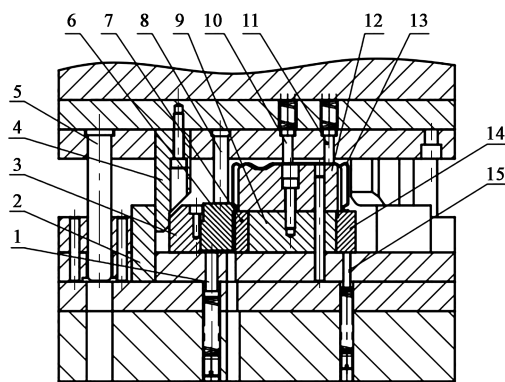


图 14 切口工位模具结构

1. 弹性顶杆 2. 挡块 3、19. 滑块 4. 斜楔 5. 内导柱
6. 刃口冲头 7. 刃口镶件 8. 刚性推杆 9. 镶件定位块
10、11. 弹性压料销 12. 定位块 13. 制件 14. 顶件块
15. 浮销 16、17 复位弹簧 18. 导正销

Fig. 14 Die structure of cutting station

参考文献：

- [1] 浦胜义. 304 不锈钢拉深成形模具设计 [J]. 河南科技, 2018, (8): 43-44.
Pu S Y. Design of 304 stainless steel drawing die [J]. Henan Science and Technology, 2018, (8): 43-44.
- [2] 刘春雨. 多工位自动化冲模的应用 [J]. 模具工业, 2017, 43 (4): 38-40, 51.
Liu C Y. Application of multi-position automatic stamping die [J]. Die & Mould Industry, 2017, 43 (4): 38-40, 51.
- [3] 冯炳尧, 王南根, 王晓晓. 模具设计与制造简明手册 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2015.
Feng B Y, Wang N G, Wang X X. Concise Handbook for Mold Design and Manufacturing [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2015.
- [4] 于洋, 孟宪堂, 王林, 等. 750 MPa 级高强汽车大梁钢冲压开裂原因及机制 [J]. 钢铁, 2014, 49 (4): 54-57, 75.
Yu Y, Meng X T, Wang L, et al. Stamping cracking mechanism of high strength beam steel of 750 MPa level [J]. Iron and Steel, 2014, 49 (4): 54-57, 75.
- [5] 于晓飞, 刘鹏, 薛仁杰, 等. 冷轧双相钢 HC420/780DP 冲压

- 开裂原因分析及改进 [J]. 塑性工程学报, 2021, 28 (4): 98-104.
- Yu X F, Liu P, Xue R J, et al. Analysis and improvement of stamping cracking reason for cold-rolled dual-phase steel HC420/780DP [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2021, 28 (4): 98-104.
- [6] 徐国军, 胡华东, 田川, 等. Al_2O_3 夹杂在 DC06 钢中的分布及对深冲性能的影响 [J]. 中国冶金, 2021, 31 (5): 111-117.
- Xu G J, Hu H D, Tian C, et al. Distribution of Al_2O_3 inclusions in DC06 steel and its effect on deep drawing properties [J]. China Metallurgy, 2021, 31 (5): 111-117.
- [7] 刘晓翠, 张转转, 吴耐, 等. 高强耐候钢加工成形性能分析及改善措施 [J]. 中国冶金, 2020, 30 (8): 56-59.
- Liu X C, Zhang Z Z, Wu N, et al. Analysis and improvement measures of processing formability of high strength weathering steel [J]. China Metallurgy, 2020, 30 (8): 56-59.
- [8] 吴尚敏, 方少洁. 冲压拉伸件表面质量问题及其过程控制 [J]. 模具制造, 2023, 23 (7): 16-20.
- Wu S M, Fang S J. Surface quality defects and process control of drawing parts [J]. Die & Mould Manufacture, 2023, 23 (7): 16-20.
- [9] 马闻宇, 杨建伟, 姚野, 等. 热冲压工艺参数对零件成形性影响规律分析 [J]. 中国冶金, 2021, 31 (11): 29-33.
- Ma W Y, Yang J W, Yao Y, et al. Analysis for effect of hot stamping process parameters on part formability [J]. China Metallurgy, 2021, 31 (11): 29-33.
- [10] 王康康, 陈泽中, 江楠森, 等. 基于 GA-BP 的汽车行李箱盖内板冲压成形工艺优化 [J]. 塑性工程学报, 2021, 28 (9): 28-34.
- Wang K K, Chen Z Z, Jiang N S, et al. Process optimization of stamping forming for inner panel of car trunk lid based on GA-BP [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2021, 28 (9): 28-34.
- [11] 徐超辉, 郑悦, 韩翠红, 等. 汽车连接片多工位级进模设计 [J]. 锻压技术, 2022, 47 (11): 201-206.
- Xu C H, Zheng Y, Han C H, et al. Multi-position progressive die design for automobile connecting piece [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47 (11): 201-206.
- [12] 王新, 胡国栋, 常春梅, 等. 基于数字制造技术的热交换器板片开发 [J]. 石油化工设备, 2012, (3): 12-14.
- Wang X, Hu G D, Chang C M, et al. Development of heat exchanger plate based on digital manufacture technology [J]. Petro-Chemical Equipment, 2012, (3): 12-14.
- [13] 辛国升, 张永波. 基于 AutoForm R7 对顶盖后部外板成形性进行分析及回弹补偿 [J]. 模具工业, 2020, 46 (7): 34-39.
- Xin G S, Zhang Y B. Research on formability analysis and springback compensation of outer panel at the back of head cover based on AutoForm R7 [J]. Die & Mould Industry, 2020, 46 (7): 34-39.
- [14] 王天宝, 袁博, 刘立明. 步进电机外壳零件多工位级进模设计 [J]. 锻压技术, 2022, 47 (3): 174-177.
- Wang T B, Yuan B, Liu L M. Design on multi-station progressive die for stepper motor shell parts [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47 (3): 174-177.
- [15] 余健, 严婷婷. 基于 AutoForm 的密码锁壳体级进模设计 [J]. 模具工业, 2023, 49 (12): 21-27.
- Yu J, Yan T T. Design of progressive die for code lock shell based on AutoForm [J]. Die & Mould Industry, 2023, 49 (12): 21-27.
- [16] 汪永明, 李偃, 胡继涛, 等. 多工位冲压自动送料系统运动规划仿真及实验验证 [J]. 锻压技术, 2022, 47 (5): 167-174.
- Wang Y M, Li W, Hu J T, et al. Simulation and experimental verification on motion planning for multi-station stamping automatic feeding system [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47 (5): 167-174.

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 •