

汽车门槛饰板支架多工位级进模设计

付关文¹, 高永生¹, 潘铁军¹, 贾晓东²

(1. 宁波大学科学技术学院 机械工程与自动化学院, 浙江 宁波 315000; 2. 许昌海洋机械有限公司, 河南 许昌 461000)

摘要: 根据汽车门槛饰板支架的结构特点、技术要求和材料性能, 确定其采用多工位级进模进行生产。设计了多工位级进模工艺排样图, 包含冲孔、修边、弯曲、翻边、成形、整形、侧冲孔和分离等 22 个工步。模具采用自动送料系统, 浮顶销+浮顶块作为浮动式物料导向机构, 利用导正销和自动喂料机精确控制物料步距, 采用弹性卸料器实现对物料的压卸。为提高导向精度, 采用外导柱、内导柱和锥形定位块联合进行导向。设计了专用斜楔机构, 解决了 3 个不同方向斜孔侧向冲压问题, 保证孔的成形精度。设计了双重误送料自动检测装置, 保证了模具的安全运行。结果表明: 模具结构安全可靠, 制件精度达到要求。

关键词: 多工位级进模; 排样设计; 自动送料; 导向机构; 斜楔机构; 误送自动检测装置

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2024.08.026

中图分类号: TG385.2

文献标志码: A

文章编号: 1000-3940 (2024) 08-0184-06

Design on multi-station progressive die for car threshold decorative panel bracket

Fu Guanwen¹, Gao Yongsheng¹, Pan Tiejun¹, Jia Xiaodong²

(1. School of Mechanical Engineering and Automation, College of Science & Technology Ningbo University, Ningbo 315000, China;

2. Xuchang Marine Machinery Co., Ltd., Xuchang 461000, China)

Abstract: Based on the structural characteristics, technical requirements and material properties of car threshold decorative panel bracket, a multi-station progressive die was determined for production, and the process layout diagram for the multi-station progressive die was designed, including twenty-two steps such as punching, trimming, bending, flanging, forming, shaping, side punching and cutting. Then, the automatic feeding system in die was adopted with a floating pin and a floating block as the floating strip guide mechanism, the step distance was accurately controlled by the guide pin and automatic feeding machine, and the loading or unloading of strip was conducted by an elastic unloading device. Furthermore, in order to improve the guidance accuracy, a combination of external guide pillars, internal guide pillars and conical positioning blocks was used to guide, and a special dedicated wedge mechanism was designed to solve the lateral stamping problem of oblique holes in three directions and ensure the forming accuracy of the holes. In addition, a dual misfeeding automatic detection device was designed to ensure the safe operation of the die. The results show that the die structure is safe and reliable, and the forming accuracy of parts meets the requirements.

Key words: multi-station progressive die; layout design; automatic feeding; guide mechanism; wedge mechanism; misfeeding automatic detection device

近年来, 我国新能源汽车呈现爆发式增长。据统计, 2022 年我国全年新能源汽车产量为 700.3 万辆, 比上年增长 90.5%, 我国已成为全球最大的新能源汽车产销国。本文研究的汽车门槛饰板支架为某款国产新能源轿车的常见零件, 是一种需求量大、需大批量生产的典型冲压零件。而多工位级进模由于精度好、效率高、成本低和可实现自动化生产等优点成为制件大批量生产的首选模具形式^[1-4]。根

据汽车门槛饰板支架的结构特征, 确定了模具的加工工艺, 实现了多工位级进模的设计。

1 汽车门槛饰板支架工艺分析

门槛饰板支架的结构如图 1 所示。材料选用宝钢集团有限公司生产的 SCR260Y 汽车用高强度合金钢, 具有非常出色的深冲和弹性变形能力、高金属板材的塑性应变比 (r 值) 和金属板材的加工硬化指数 (n 值), 适用于工艺难度较大的深冲配件, 通常用于汽车覆盖件和结构件制作。制件壁厚为 1 mm, 结构较复杂, 3 面的孔用于装配, 因此, 孔的位置精度要求高, 须先成形再冲孔。顶面和两侧面不垂直, 夹角分别为 107° 和 80° , 给侧向冲孔机

收稿日期: 2023-12-20; 修订日期: 2024-03-27

基金项目: 浙江省十四五教学改革项目 (jg20220738)

作者简介: 付关文 (2002-), 男, 本科生

E-mail: 974015611@qq.com

通信作者: 高永生 (1979-), 男, 硕士, 高级讲师

E-mail: 511534993@qq.com

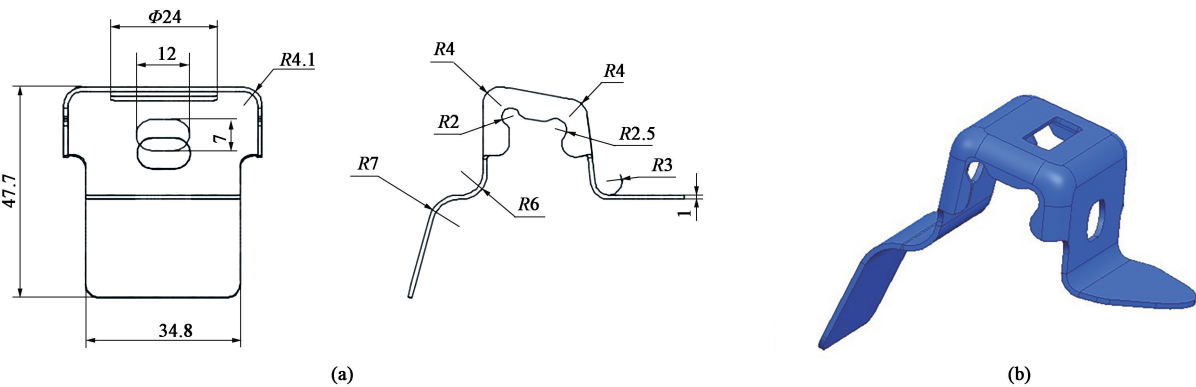


图 1 汽车门槛饰板支架结构图
(a) 尺寸图 (b) 三维模型

Fig. 1 Structural diagrams of car threshold decorative panel bracket
(a) Dimensional diagram (b) Three-dimensional model

构设计带来较大难度。经分析确定其冲压工序主要有冲孔、修边、弯曲、翻边、成形、整形、侧冲孔和分离等。主要成形难点有：(1) 较难准确确定坯料展开尺寸；(2) 弯曲次数多，回弹控制难度大；(3) 孔位精度要求高；(4) 需要解决制件在冲压送料过程中的精确定位问题。

2 排样设计及材料利用率

2.1 排样设计

排样设计是多工位级进模结构设计的重要依据。

排样图的合理正确与否，直接影响到制件精度与能否顺利进行冲压生产，且关系到材料利用率。在进行排样设计时，要根据工件的结构特点及技术要求 and 材料的性能，合理布置工位顺序，有利于材料的成形控制。在充分考虑了搭边强度、冲头强度、导向销的安放位置 and 材料利用率的基础上，确定条料的宽度为 132 mm、步距为 58 mm，排样图如图 2 所示^[5]。

该制件共采用 22 个工位来完成，工位 1 为冲导正孔和切边；工位 2 和工位 3 为切边工序，分步冲裁出制件外形；工位 4 为翻边工序，弯出高度为

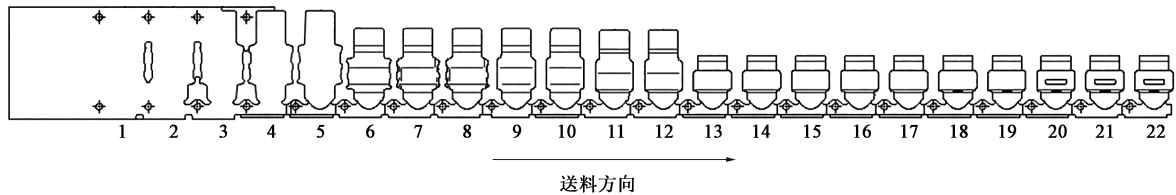


图 2 多工位级进模排样图

Fig. 2 Layout diagram of multi-station progressive die

6 mm、长度为 50 mm 的 90°弯边，其与后续浮顶块的窄槽配合，为条料送进进行导向和限位；工位 5 为弯曲工序；工位 6、工位 8、工位 10、工位 12、工位 14、工位 16、工位 19 和工位 21 为空工位，整个排样中空工位较多，在级进模中设置空工位是为了提高模具强度、保证模具的寿命和产品质量，以及在模具中设置特殊机构等^[6]；工位 7 和工位 9 为翻边工序；工位 11 和工位 13 为成形工序；工位 15 为整形工序，经过工位 5、工位 7、工位 9、工位 11 和工位 13 的弯曲、翻边和成形，制件的形状已基本成形，由于制件经多次弯曲且中部弯成盒

型，材料变形大、回弹大，为提高制件成形精度，特增加整形工序；工位 17、工位 18 和工位 20 为侧向冲孔工序，制件中部 3 个孔的精度高，且与冲压方向均不一致，因此，在弯曲成形后设置 3 个侧向冲孔工位分别进行冲孔，以保证孔的精度要求；工位 22 为分离工序，制件从条料分离，废料被切断并收集。

综上所述，该制件采用多工位级进模进行生产，由于毛坯为长条形且两侧均有多处弯曲，选择单列直排结构，冲压过程中采用浮顶销+浮顶块作为浮动式物料导向机构，利用导正销和自动喂料机准

确地控制物料的步距, 并利用弹性卸料器实现对物料的压卸。为提高凹模强度、便于模具加工制造, 将制件轮廓分解为单型孔, 进行分段分步冲裁^[7-8]。由于制件的精度要求较高, 在成形工序后安排了整形工序^[9]。考虑到制件结构多处弯曲, 材料较厚且刚性强, 因此, 选择单侧载体设计, 保证送进稳定, 定位准确。采用弹性卸料装置进行压料和卸料。

2.2 材料利用率

在冲压件的制造过程中, 材料费用占 60% 以上, 所以, 如何节约材料显得尤为重要。材料利用率 η 可由式 (1) 计算:

$$\eta = nF/(AB) \times 100\% \quad (1)$$

式中: n 为 1 个步距内的制件数; F 为制件的实际面积; A 为送料进距; B 为条料宽度。

依据排样图, 可得 $\eta = nF/(AB) \times 100\% = 1 \times 4581/(132 \times 58) \times 100\% = 59.84\%$, 即材料利用率为 59.84%。

3 级进模总体结构设计

3.1 模具总体结构

汽车门槛饰板支架多工位级进模共设有 22 个工位, 各工序在排样设计中有详细的介绍, 图 3 为汽车门槛饰板支架多工位级进模的装配示意图。

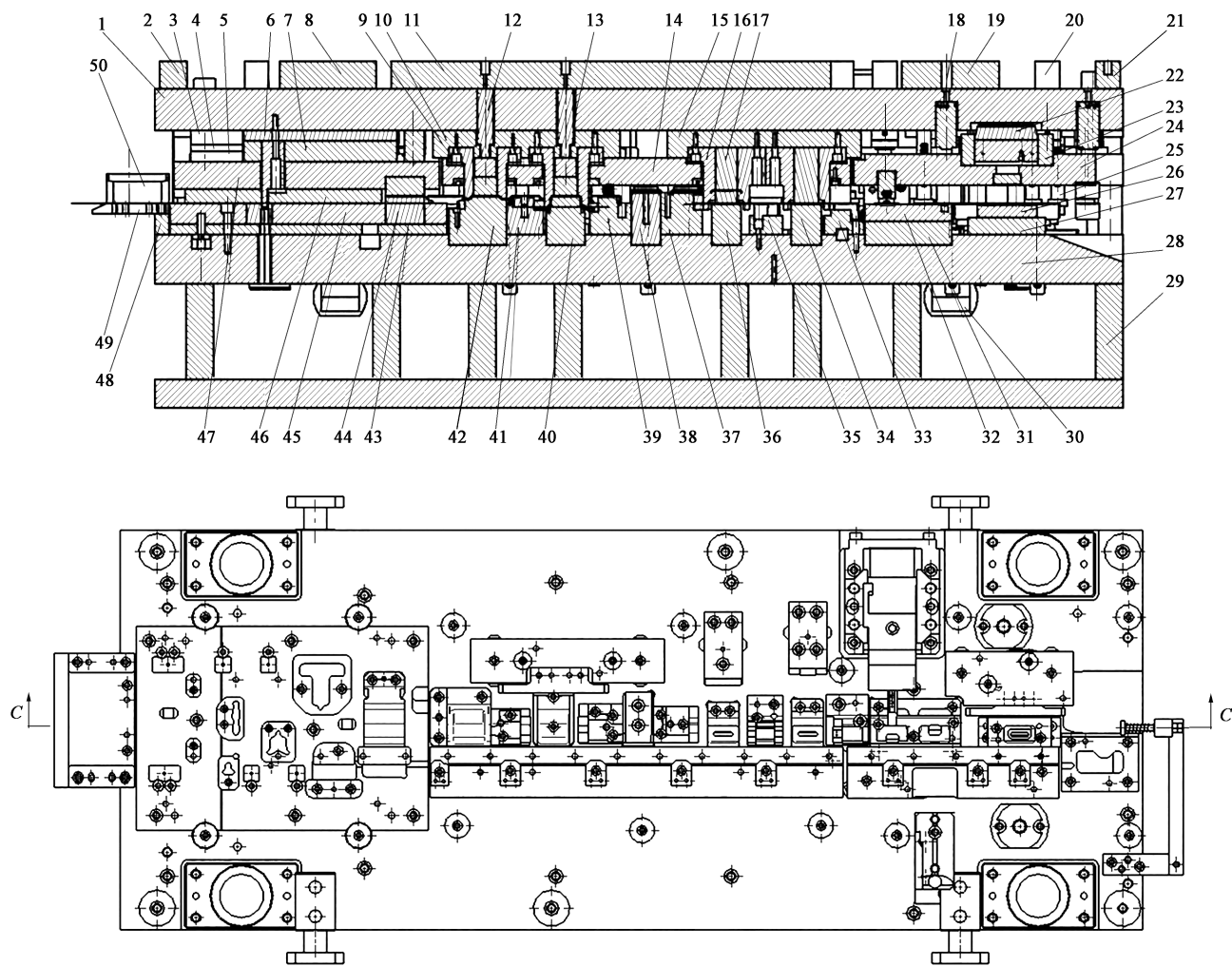


图 3 门槛饰板支架多工位级进模结构

1. 上模板 2、8、11、19、20、21. 上模脚 3. 受力垫板 4. 冲头垫板 5. 冲头固定板 6、31. 凸模垫板 7. 凸模固定板
9、16、34、36、38、40. 翻边镶块 10、15. 镶块安装座 12、18. 氮气弹簧 13. 压料镶块 14、24、46、47. 压料板
17. 顶芯 22、23. 斜楔组件 25. 卸料螺钉 26. 凸模 27. 凸模垫板 28. 下模板 29. 下模脚 30. 吊耳 32. 侧冲凸模 33. 整形镶块
35、37、49. 托料板 39、41. 托料镶块垫板 42、44. 成形镶块 43. 成形镶块垫板 45. 成形镶块基体 48. 托板垫块 50. 导料板

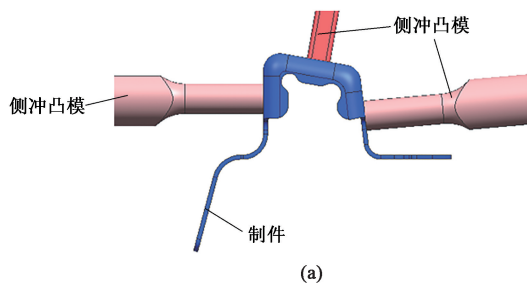
Fig. 3 Multi-station progressive die structure for car threshold decorative panel bracket

当模具处于工作状态时,自动送料机构推动条料前进一个预设步距,即 58 mm。同时,模具浮顶销和浮顶块在螺旋弹簧和氮气弹簧的作用下将条料抬高 30 mm,并对条料进行导向和限位。随后,冲床的滑块开始运动,推动上模座及弹性卸料机构向下移动。此动作引导卸料板上的导正销精确地插入条料的导正孔中。当卸料板与条料首次接触时,进行初步的预压操作。随着冲床滑块继续向下运动,上模卸料板推动浮顶销和浮顶块向下移动 30 mm,此时条料接触凹模、下模表面(由于卸料板的氮气弹簧允许负载大,浮顶销和浮顶块的弹簧被压缩)。当上模继续其下行的轨迹时,卸料弹簧逐渐被压缩,导致卸料板和凸模产生相对运动,凸模和凹模精确地完成工件每个工位的冲压成形,并确保成形精度和质量。完成一次冲制后,滑块带动上模向上回行,卸料板随即完成卸料,同时卸料弹簧恢复至原状。随后,浮顶销和浮顶块的弹簧也相继复位,将条料再次抬升至 30 mm 的高度。自动送料机构迅速响应,将条料传送至下一工位,开启下一轮冲压行程。在模具的工作过程中,对模架进行导向的 4 组导柱导套、对卸料机构导向的 12 组小导柱导套、对 4 个浮顶块导向的 8 组小导柱导套,以及 2 组锥形定位块共同确保了整副模具的精确导向和定位,从而保证了生产的稳定性和精度^[10]。经生产验证,模具结构设计合理,最终得到的制件如图 4 所示,制件精度符合要求,可实现批量化生产。图 5 为试冲后的条料。

3.2 模具典型结构设计

3.2.1 斜楔组件

汽车门槛饰板支架的 3 个腰形孔的精度要求高,



(a)

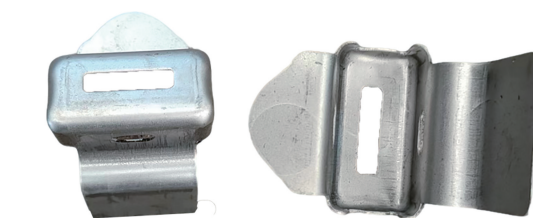


图 4 最终成形制件

Fig. 4 Final formed workpiece

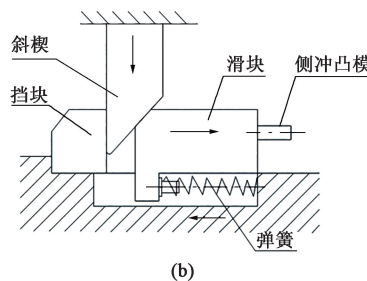


图 5 试冲后的条料

Fig. 5 Strip after trial punching

必须在弯曲成形后进行冲制,且 3 个孔与冲压方向均不一致,为此,须在不同工位设计 3 组斜楔机构来完成侧向冲孔工序。

如图 6 所示,左侧孔与冲压方向垂直,选用米思米标准型下置式斜楔组件,型号为 MEDCA65-00-40,加工角度为 0° ,行程为 40 mm,安装表面宽度为 65 mm,标准加工力为 20 kN,采用矩形复位弹簧。右侧孔与冲压方向的夹角为 3° ,选用米思米冲孔用紧凑型悬吊式斜楔组件,型号为 MEVLN52-05,加工角度为 5° ,行程为 31.9 mm,安装表面宽度为 52 mm,标准加工力为 15 kN,采用矩形复位弹簧。顶部孔与冲压方向的夹角为 10° ,设计专用冲孔斜楔组件,冲孔凸模与冲压方向的夹角为 10° ,冲孔行程为 13 mm,采用氮气弹簧进行复位。



(b)

图 6 侧向冲孔斜楔机构示意图

(a) 侧冲方位示意图 (b) 斜楔机构工作原理

Fig. 6 Schematic diagrams of lateral punching wedge mechanism

(a) Schematic diagram of lateral punching direction (b) Working principle of wedge mechanism

3.2.2 导料浮料及卸料装置

由图 2 可知,级进模前 4 个工位为冲裁工序,可在条料两侧设置带导向槽的浮顶器进行导向和浮

料;从工位 5 开始,条料只能单侧设置导料浮料装置,且条料宽度较大,为保证条料在送进过程中平稳、可靠,安装维修方便,在级进模单侧设计了两

个长条形浮料块,其上沿长度方向开有宽度为 2 mm、深度为 7 mm 的导料槽,与制件在工位 4 冲制的高度为 6 mm 的弯边配合,对条料进行导向和限位。浮料块设置 4 组导柱导套进行导向,采用氮气弹簧进行浮料,浮料行程为 30 mm。为保证模具受力平衡,在级进模另一侧设计了 2 个相同浮动行程的浮动块。本模具采用弹性卸料方式,导正销安装于卸料板,采用氮气弹簧提供卸料力,采用限位板和卸料螺钉限位。

3.2.3 导向机构设计选型

考虑到模具的尺寸较大,设计了 4 套外导柱和 12 套内导柱及 2 套锥形定位块,共同确保整副模具的精确导向和定位,以保证生产的稳定性和精度。其中,4 套外导柱选用滚动导柱导套,并采用了米思米标准件,具体型号为 MYKP50-180,以确保其高精度和耐用性。导柱导套均通过销钉螺钉定位紧固,安装方便。12 套内导柱对卸料装置进行导向,也选用米思米标准件,导柱型号为 MRP32-120,与卸料板采用过渡配合定位,螺栓紧固;导套的型号为 GGBW32-40,与上模座板采用过渡配合,台肩定位,压板紧固。此外,在侧向冲孔的工位,为保证定

位准确并承受一定的侧向力,在卸料板与下模座之间设置了 2 套锥形定位块,也选用米思米标准件,型号为 MLTC80。锥形定位块被广泛使用在汽车铸件模具及大件冲压模具中,对上下模起定位作用。

3.2.4 自动检测与安全保护装置

多工位级进模在高速压力机上工作,必须设置自动检测与安全保护装置,以防止冲压过程中由于误送给、凸模折断、叠片、废料堵塞等导致的模具损坏及安全事故^[11]。本模具在工位 2 和最后 1 个工位分别设置了自动检测与安全保护装置。工位 2 的误送检测装置利用工位 1 冲切出的矩形槽来检测送料失误。如图 7a 所示,当浮动的误送检知销由于送料失误,而不能进入条料的矩形槽时,便由条料推动误送检知销向上移动,同时推动关联销使微动开关闭合,微动开关发出信号使压力机滑块停止运动。

在模具最后 1 个工位处设置的误送料检测装置,选用米思米标准件,型号为 OKJS20-WF。如图 7b 所示,误送料时,被加工材料接触误送料检测部件中间的金属销而形成通电并发出信号,由此来停止冲床的动作,避免损伤模具。

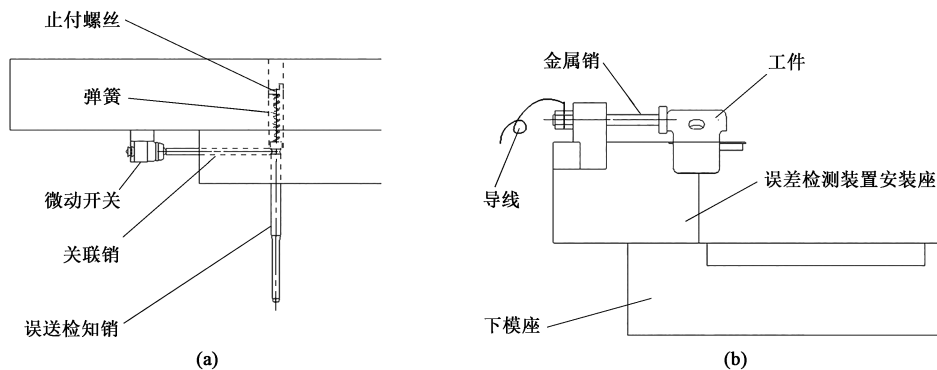


图 7 自动检测 (a) 与安全保护 (b) 装置工作原理示意图

Fig. 7 Schematic diagrams of working principle for automatic detection (a) and safety protection (b) devices

同时,在上、下模间安装 6 对限位柱,以控制上、下模工作时的闭合高度,避免合模过头,造成冲模损伤,或造成立体成形尺寸超差;在弹压卸料板和下模之间设置了 14 个限位柱,安装于下模座板,以控制对条料的压紧程度及制件被锻压或整形的变形程度^[12]。

4 结论

(1) 根据汽车门槛饰板支架的结构特点、生产情况和制件质量,采用合理的排样方式,确定制件

的冲压工序主要包括冲孔、切边、弯曲、成形、整形、侧向冲孔和分离等工序,设计了具有 22 个工位的多工位级进模,降低了生产成本、提高了生产效率。

(2) 设计专用浮顶销和浮顶块对条料进行导向和浮料,使条料送进顺畅,模具工作稳定可靠,模具寿命长;设计专用斜楔机构,解决了 3 个不同方向斜孔的侧向冲压问题,保证孔的成形精度;模具设置双重误送料自动检测装置,保证了模具的安全运行。

(3) 经生产证明,汽车门槛饰板支架多工位级

进模结构设计合理,能够满足制件精度和大批量安全生产的要求。

参考文献:

- [1] 王晗,唐齐,刘利,等.前支架多工位级进模设计[J].模具制造,2022,22(4):4-7.
Wang H, Tang Q, Liu L, et al. Design of multi station progressive die for front bracket [J]. Mold Manufacturing, 2022, 22 (4): 4-7.
- [2] 李豪.多工位级进模的主要零部件设计[J].内燃机与配件,2020(4):5-7.
Li H. Design of main components for multi station progressive dies [J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2020 (4): 5-7.
- [3] 许景华.多工位级进冲模模具结构分析及优化关键技术研究[J].中阿科技论坛,2020(10):62-65.
Xu J H. Research on key technologies for structural analysis and optimization of multi station progressive die dies [J]. China-Arab States Science and Technology Forum, 2020 (10): 62-65.
- [4] 申晨彤,龚红英,尤晋.基于Dynaform及响应面法的封头零件冲压成形及优化[J].塑性工程学报,2022,29(1):54-59.
Shen C T, Gong H Y, You J. Stamping and optimization of head parts based on Dynaform and response surface method [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2022, 29 (1): 54-59.
- [5] 程一峰,朱英霞,程华.5754铝合金阶梯圆筒件多工序冲压模拟[J].塑性工程学报,2022,29(6):58-66.
Cheng Y F, Zhu Y X, Cheng H. Multi-process stamping simulation of 5754 aluminum alloy stepped by cylinder part [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2022, 29 (6): 58-66.
- [6] 周雄华,耿兴梅,邓全柱,等.级进模具在液力变矩器叶轮叶片上的应用[J].液压气动与密封,2014,34(7):43-45.
Zhou X H, Geng X M, Deng Q Z, et al. The application of progressive die on impeller's blade of hydrodynamic torque converter [J]. Hydraulics Pneumatics & Seals, 2014, 34 (7): 43-45.
- [7] 王希亮,滕斌,庄严.弹簧片精密级进模设计[J].模具工业,2022,48(5):26-28.
Wang X L, Teng B, Zhuang Y. Design of progressive die for leaf spring [J]. Die & Mould Industry, 2022, 48 (5): 26-28.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 武晓红.左支架多工位级进模的设计[J].锻压技术,2022,47(12):189-192.
Wu X H. Design on multi-position progressive die for left bracket [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47 (12): 189-192.
- [12] 韩耀东.汽车连接带成型工艺改进及级进模设计[J].模具技术,2019(1):44-47.
Han Y D. Improvement of forming process and design of progressive die for automotive connecting strip [J]. Die and Mould Technology, 2019 (1): 44-47.

关于中国机械工程学会塑性工程分会发展会员的通知

中国机械工程学会塑性工程(锻压)分会成立于1963年,是全国性的锻压科学技术工作者的学术性社会团体,是依法登记的法人社团。经本会理事会研究决定:凡承认本会章程并符合条件者,可申请为本会会员。

会员的权利与义务: 1. 颁发个人/团体会员证书及铜牌,铜牌由秘书处统一制作并颁发,可申请定制; 2. 参加本学会组织的年会会议费可享受适当优惠; 3. 优先参加本会组织举办的国内外有关学术活动和其他活动; 4. 优先获得本会的有关学术资料,免费获赠全年学会会刊《锻压技术》杂志; 5. 在学会网站主页进行企业宣传、logo链接; 6. 享有本会的选举权、被选举权和表决权; 7. 接受本会委托,进行论证、评议、咨询等工作; 8. 享有入会、退会的自由。

申请手续: 提交入会申请表。申请个人会员,需填写《个人会员入会申请表》,同时提交“本人身份证复印件”、“一寸免冠照片两张”。申请团体会员,需填写《团体会员入会申请表》,同时提交“法人登记证书复印件”。材料均需一式一份寄至学会秘书处,并以电子邮件方式将表格发送至我会邮箱;也可登陆学会网站,进行在线注册。经审批通过后,将及时通知申请单位或个人。会员缴纳会费后正式登记,由学会秘书处颁发会员证书。

地 址:北京市海淀区学清路18号707室塑性工程分会

联系人:李世龙、秦思晓、周林、金红

电 话:010-62912592 传 真:010-62912592 邮 箱:duanya@cmes.org 网 址: <http://www.cstp-cmes.org.cn>

中国机械工程学会塑性工程分会