

汽车侧围外板冲压工艺及模具设计

万志远

(山东华宇工学院 机械工程学院, 山东 德州 253034)

摘要:侧围外板是汽车外覆盖件中最大、最关键的零件,其结构复杂多变,表面质量要求极高。首先,选取侧围外板 8 处典型位置的截面进行结构分析,得到了不同位置的截面线变化情况;对变形复杂的后车灯区域、上侧与顶盖搭接区域和前车门上侧区域等关键位置的工艺补充截面线进行了重点分析,为工艺设计奠定基础。其次,采用 AUTOFORM 等软件对侧围外板进行工艺补充并计算出拉伸成形的毛坯,设计了 3 步落料工艺,基于落料工艺设计了侧围外板的落料级进模具。最后,根据落料毛坯设计了侧围外板拉伸、修边冲孔、修边整形、冲孔翻边和冲孔翻边切断共 5 道成形工序的完整工艺过程。

关键词:侧围外板;工艺补充截面线;落料级进模具;拉伸成形;侧向修边

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2022.10.017

中图分类号: TG386 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2022) 10-0118-06

Stamping process and die design on automobile side wall outer panel

Wan Zhiyuan

(The Academy of Mechanical Engineering, Shandong Hua Yu University of Engineering, Dezhou 253034, China)

Abstract: The side wall outer panel is the largest and most critical part in the outer cover of automobile, its structure is complex and changeable, and the surface quality requirements are extremely high. Therefore, first, the cross-sections at eight typical positions of the side wall outer panel were selected for structural analysis, and the change conditions of cross-section lines at different positions were obtained. Then, the process supplementary cross-section lines at key positions such as rear lamp area with complex deformation, overlapping area between upper side and top cover and upper side area of front door were analyzed, which laid the foundation of process design. Furthermore, AUTOFORM and other softwares were used to supplement the process of side wall outer panel and calculate the blank formed by drawing, a three-step blanking process was designed, and a set of blanking progressive die for the side wall outer panel was designed based on the blanking process. Finally, according to the blanking blank, the complete process of five forming processes for side wall outer panel including drawing, trimming+punching, trimming+shaping, punching+flanging and punching+flanging+cutting was designed.

Key words: side wall outer panel; process supplementary cross-section line; blanking progressive die; drawing; lateral trimming

随着经济的稳定发展,汽车产业已逐渐成为新一轮科技革命的创新应用载体,全球重要的经济体均开始在汽车产业尤其是智能汽车上进行全域视角战略布局。外覆盖件是汽车白车身中的关键零件,而侧围外板是汽车外覆盖件中最大、最关键的零件,其结构复杂多变,表面质量要求极高,材料厚度小,搭接零件多,冲压成形过程中易产生回弹、褶皱等缺陷,工艺设计难度大^[1]。

姜雪燕^[2]研究了侧围成形过程中的危险区域的应力、应变,采用数值模拟的方法获取了影响危险区的主要因素,提出了改善开裂和颈缩缺陷的工艺方案。胡玉明等^[3]研究了铝合金侧围的成形工艺,从侧围冲压材料的角度,分析了其成形工艺。蒋磊等^[4]从滑移、起皱和开裂的角度对侧围外板成形过程进行了数值模拟研究,优化了拉伸工艺补充面,补偿了模具型面,减少了冲压成形缺陷。蒋磊等^[5]还分析了侧围外板拉伸成形过程中的开裂和起皱,并设计了拉伸模具。代丽等^[6]对某车型侧围外板在冲压成形过程中出现缺陷的原因进行分析,重点优化了产品表面藏料工艺凸包,最终达到了对生产稳定性和产品质量的要求。肖敬伟^[7]借助有限元法分析了侧围外板的褶皱问题,最后通过调整拉伸结构和造型解决了此问题。

收稿日期: 2022-01-02; **修订日期:** 2022-03-30

基金项目: 山东华宇工学院校级科研平台“智能制造装备设计工程技术研发中心”资助项目(201901); 2020 年度山东华宇工学院教育教学改革研究项目(2020JG47); 山东省高等学校科技计划研究项目(J17KA034)

作者简介: 万志远(1988-),男,硕士,讲师,工程师

E-mail: 815223128@qq.com

侧围外板作为汽车白车身的关键零件, 其工艺设计和模具设计是该零件产业化的关键所在^[8]。目前, 国内外诸多学者在冲压缺陷、工艺分析等方面的研究较多, 而专门从工艺设计和模具设计方面的研究较少。本文以某车型汽车侧围外板为研究对象, 首先对侧围外板的零件结构进行分析; 然后, 采用 AUTOFORM、UG 和 CAD 等软件, 以零件结构特点和冲压要求为指标设计侧围外板的成形工艺; 最后, 根据工艺设计, 重点对侧围外板的落料级进模具进行设计。

1 侧围外板工艺分析

1.1 侧围外板结构分析

汽车侧围外板与车门、发动机外罩、顶盖、A 柱、B 柱、C 柱等诸多零件存在严格的配合关系, 对公差间隙、尺寸大小均有严格的要求^[9]。其本身的尺寸较大, 冲压成形深度较深, 在工艺设计上存在的难度较大。侧围外板在汽车车身两侧各一件, 现取其中一侧的侧围外板进行研究, 该零件的三维图如图 1 所示, 其外形尺寸为 2900 mm×1210 mm×271 mm, 厚度为 (0.70 ± 0.08) mm, 材料为 DC56D+ZF45/45, 是宝钢生产的一种热镀锌板料^[10]。

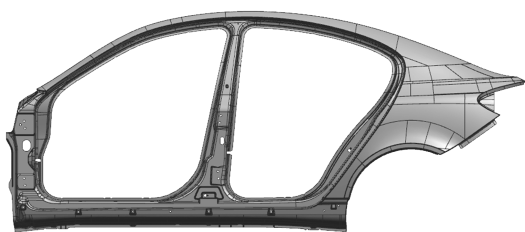


图 1 某车型侧围外板三维模型

Fig. 1 3D model of side wall outer panel for an automobile

为全面分析侧围外板的冲压成形特性, 为工艺设计奠定基础, 选取侧围外板的 8 个截面, 各截面的位置如图 2 所示, 截面线如图 3 所示。截面 A-A 位置为后车灯区域, 其上边缘区域结构出现小角度负角, 切边法线方向与冲压方向存在一定角度, 在工艺设计时可增加斜楔采用侧向修边工艺来解决修边负角度问题; 截面 B-B 位置上边缘与顶盖总成搭接, 下部与后保险总成搭接, 其上边缘部分与截面 A-A 基本一致; 截面 C-C 位置上边缘与顶盖总成搭接, 下部与后保险总成搭接, 其上边缘部分存在负角度, 可以采用拉延成形-修边-翻边的成形工艺来解决, 油箱口位置的截面线未出现负角度; 截面 D-D 位置上边缘与顶盖总成搭接, 下部与后轮罩总成搭接, 仍然是上边缘部分存在负角度, 此位置可

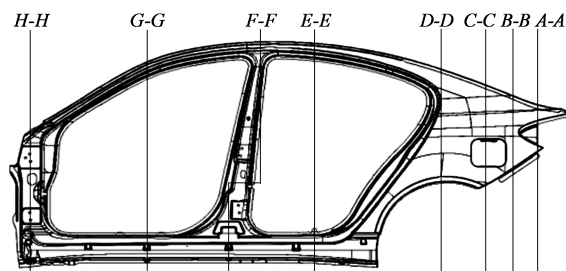


图 2 侧围外板截面位置

Fig. 2 Cross-section positions of side wall outer panel

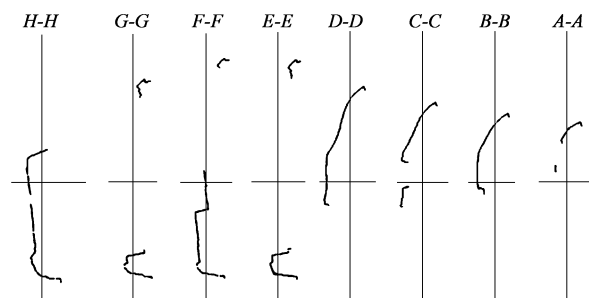


图 3 侧围外板截面线

Fig. 3 Cross-section lines of side wall outer panel

以和截面 C-C 采用相同的成形工艺; 截面 E-E 位置是与后门总成搭接的关键区域, 精度要求极高, 其上、下边框的成形复杂; 截面 F-F 位置与 B 柱总成搭接, 下部截面线复杂, 曲率变化较大, 需要在工艺设计时考虑整形工序; 截面 G-G 位置是与前门总成搭接的关键区域, 精度要求极高, 上、下边框结构复杂, 均出现不同程度的负角, 需要在工艺设计时考虑增加整形和侧向修边工序; 截面 H-H 位置是与前门铰链搭接的区域, 未出现结构负角度。

1.2 侧围外板关键区域工艺分析

截面 A-A 的后车灯区域的变形复杂, 修边线的曲率半径变化大, 拉延深度大, 模面设计时应留有足够多的成形补充面, 上侧出现小角度负角, 补充面设计为台阶式, 冲压成形线应一直处于废料区, 增加修边斜楔可以解决冲压修边方向不一致的问题。图 4 为该区域的补充面截面线。

截面 D-D 的上侧与顶盖搭接区域可以采用拉延成形-修边-翻边的成形工艺, 以解决成形负角度的问题, 工艺补充形状和截面 A-A 的后车灯区域相同。而后轮罩区域的拉延深度大、材料流动多, 模面设计时应留有足够多的成形补充面, 否则易出现开裂、起皱等缺陷, 图 5 为后轮罩区域的补充面截面线。

截面 G-G 的前车门上侧区域, 其要求精度高、

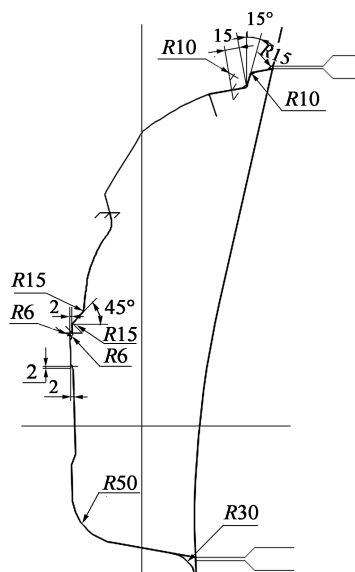


图 4 后车灯区域的补充面截面线

Fig. 4 Supplementary surface cross-section line in rear lamp area

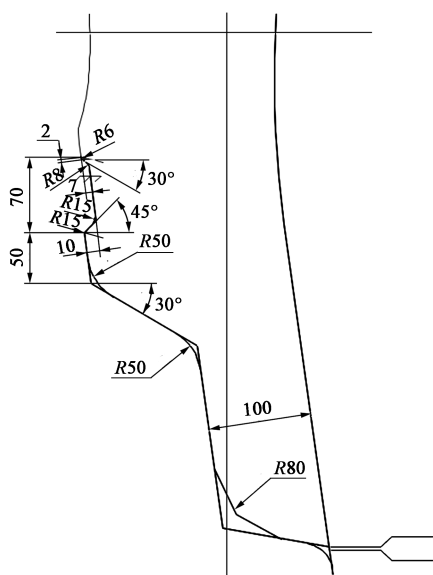


图 5 后轮罩区域的补充面截面线

Fig. 5 Supplementary surface cross-section line in rear wheel cover area

成形深度大, 零件负角可以通过增加侧向修边和二次成形来解决。图 6 为前车门上侧区域的补充面截面线。

2 侧围外板工艺设计

根据上述工艺分析, 采用 AUTOFORM 软件, 对零件进行工艺补充。采用 UG 软件, 将零件数模导出为 Igs 格式, 然后导入至 AUTOFORM 中, 零件的有限元网格划分采用 EPS11 弹塑性壳单元类型, 材料为 DC56D+ZF45/45 钢, 屈服强度为 120~180 MPa, 抗

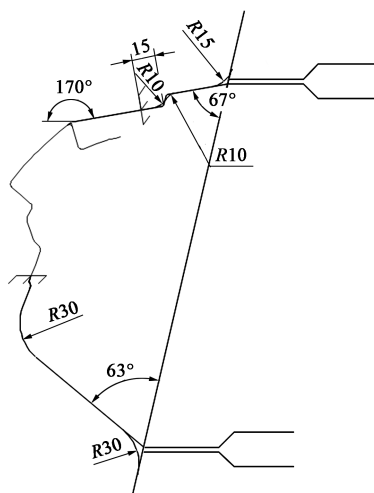


图 6 前车门上侧区域的补充面截面线

Fig. 6 Supplementary surface cross-section line in upper side area of front door

拉强度为 270~350 MPa, 支撑类型为压力控制, 压边力设置为 2500 kN, 拉深行程为 300 mm, 摩擦因数为 0.15, 冲压速度为 $150 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ [11]。

经过仿真和成形分析, 得到零件拉延成形的毛坯形状和落料示意图, 如图 7 和图 8 所示。1 区域为落料毛坯首次定位时落料模具切掉的区域, 此时 2 和 3 区域为空刀运行; 继续向前移动一个步距, 完成 1 和 2 区域的废料切割, 此时 3 区域仍为空刀运行; 继续向前移动一个步距, 此时 3 区域被切掉, 完成第 1 个拉延毛坯的落料。

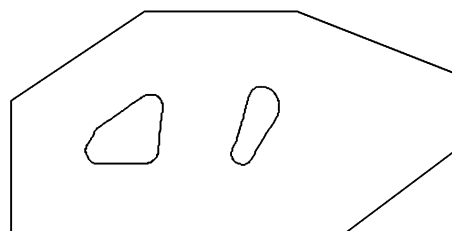


图 7 毛坯形状

Fig. 7 Blank shape

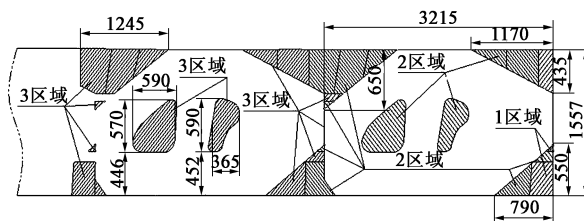


图 8 落料示意图

Fig. 8 Schematic diagram of blanking

冲压成形中心以侧围外板零件的几何重心为基

础,每道工序的冲压方向根据产品的成形、冲孔角度、棱线的滑移、材料利用率等确定^[12]。各道工序的冲压方向及布局如图 9、图 10 所示。在 OP20 修边冲孔工序中,侧围外轮修边线共设置 18 个切断刀具,将完整的闭合废料切断为 18 块,其中本工序切掉 17 块;两处内侧修边线各设置 8 处切断刀具,将完整的闭合废料切断为 16 块,本工序切掉 8 块,且间隔切断,使修边受力更加均匀,增加了侧向修边以解决负角度问题。OP30 修边整形工序中,切掉上一道工序的 9 块废料,对于铰链位置、下横梁区域以及 B 柱等变形复杂的局部区域进行二次整形。OP40 冲孔翻边工序中,后轮罩、后车灯区域为本工序翻边区域,在横梁下侧需要增加斜楔进行侧冲孔。

OP50 冲孔翻边切断工序中,完成侧围零件剩余的孔、边的成形。

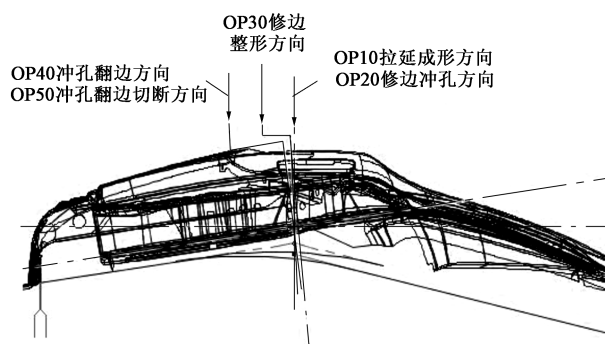


图 9 各道工序的冲压方向

Fig. 9 Stamping direction of each pass process

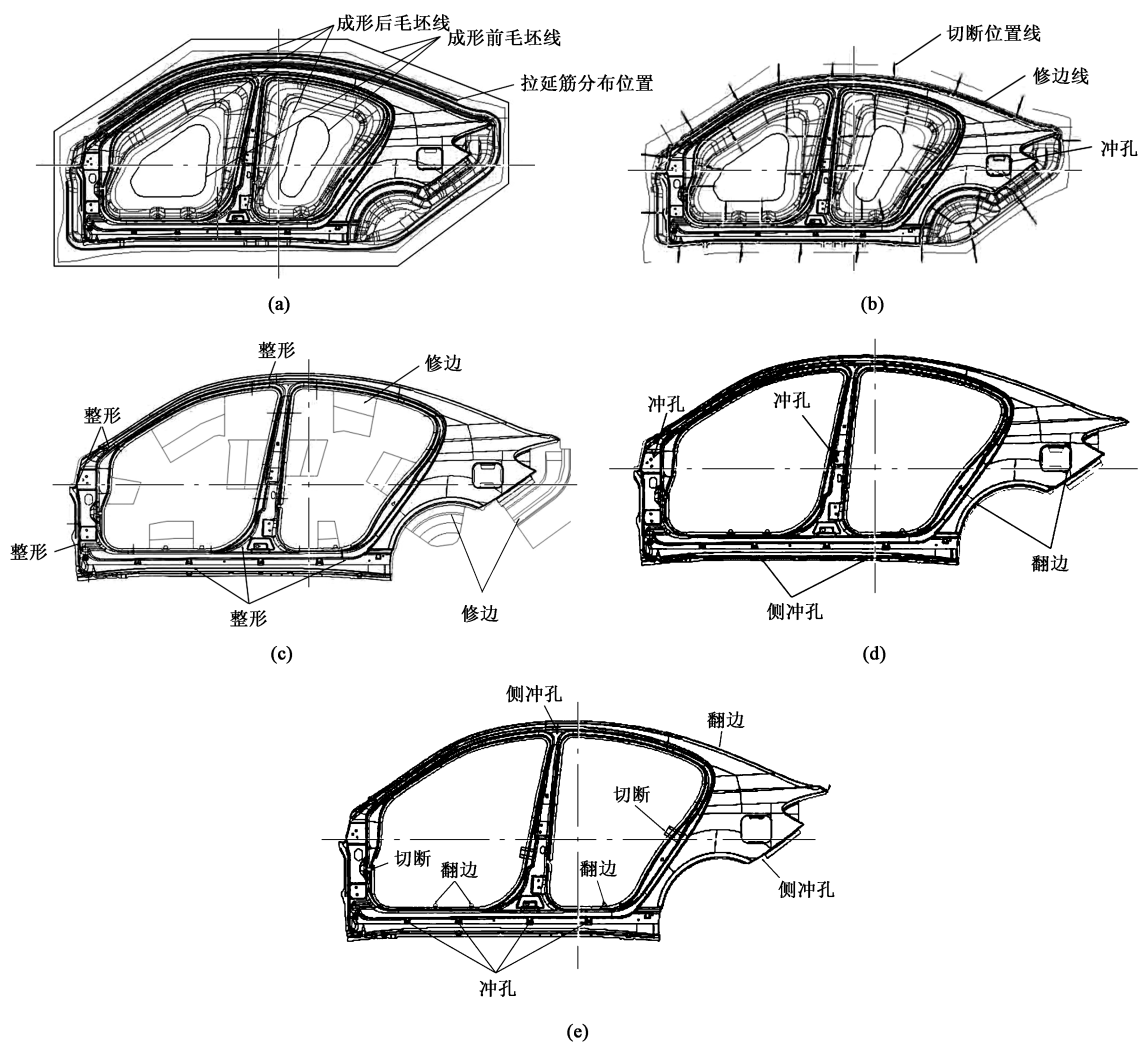


图 10 冲压工艺过程

(a) OP10 拉伸 (b) OP20 修边冲孔 (c) OP30 修边整形 (d) OP40 冲孔翻边 (e) OP50 冲孔翻边切断

Fig. 10 Stamping process

(a) OP10 of drawing (b) OP20 of trimming and punching (c) OP30 of trimming and shaping (d) OP40 of punching and flanging
(e) OP50 of punching, flanging and cutting

3 侧围外板落料级进模具设计

侧围外板是汽车外覆盖件中最大的零件,其成形毛坯直接决定了成形质量,因此,落料模具非常

重要。本套自动落料级进模具主要包括 3 个部分:上模、压边板和下模,如图 11 所示。落料凸模镶块通过不同大小的螺钉固定于上模,镶块分布位置如图 12 所示。落料凹模镶块通过不同大小的螺钉固定于下模,镶块分布位置如图 13 所示。

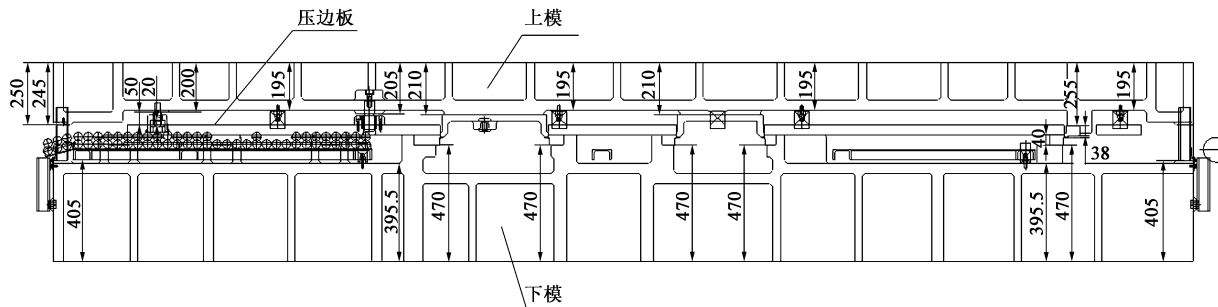


图 11 落料级进模具结构

Fig. 11 Structure of blanking progressive die

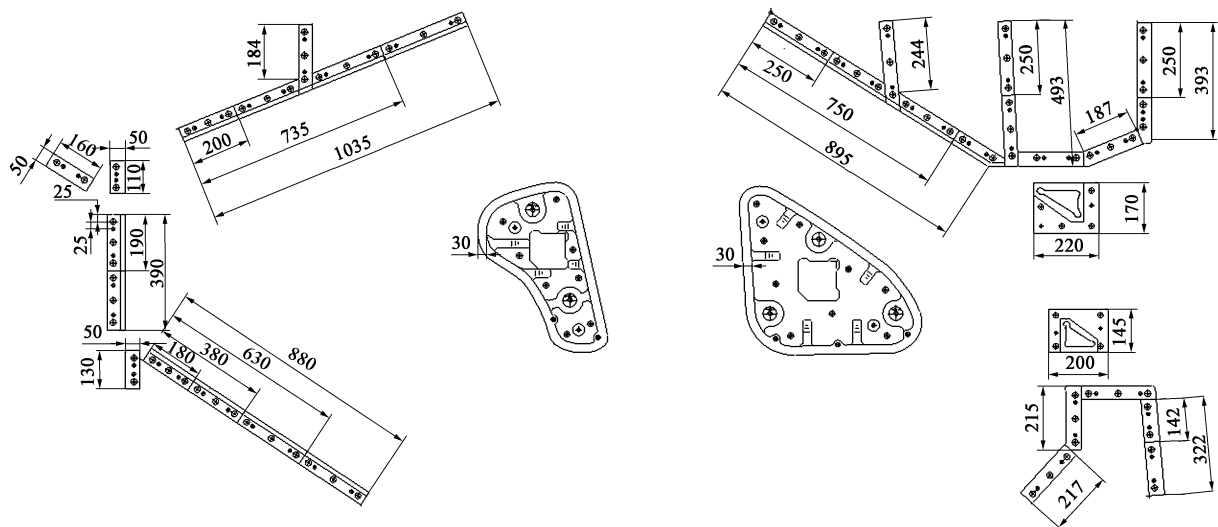


图 12 上模镶块分布

Fig. 12 Distribution of upper module inserts

4 结论

(1) 对侧围外板典型位置截面进行结构分析,发现局部区域出现负角度,可通过增加斜楔采用侧向修边工艺来解决负角度问题。

(2) 根据结构分析结果,对后车灯区域、上侧与顶盖搭接区域和前车门上侧区域等关键区域进行工艺补充,为工艺设计奠定基础。

(3) 采用 AUTOFORM 等软件计算出拉伸成形的毛坯,设计了 3 步落料工艺,和拉伸、修边冲孔、修边整形、冲孔翻边和冲孔翻边切断共 5 道成形工序的完整工艺过程,基于成形工艺,设计了一套落

料级进模具。

参考文献:

- [1] 韦韞,姚佐平,李开文,等. 基于 Autoform 的汽车侧围回弹补偿分析 [J]. 精密成形工程, 2021, 13 (3): 172-178.
Wei W, Yao Z P, Li K W, et al. Analysis on compensation for spring back of auto-body side based on Autoform [J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2021, 13 (3): 172-178.
- [2] 姜雪燕. 基于稳健性分析的汽车侧围成形过程缺陷改进 [J]. 塑性工程学报, 2020, 27 (10): 62-69.
Jiang X Y. Improvement of defects in automobile side frame forming based on robustness analysis [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2020, 27 (10): 62-69.
- [3] 胡玉明,余小鲁. 铝合金侧围拉伸工艺分析与优化 [J]. 锻

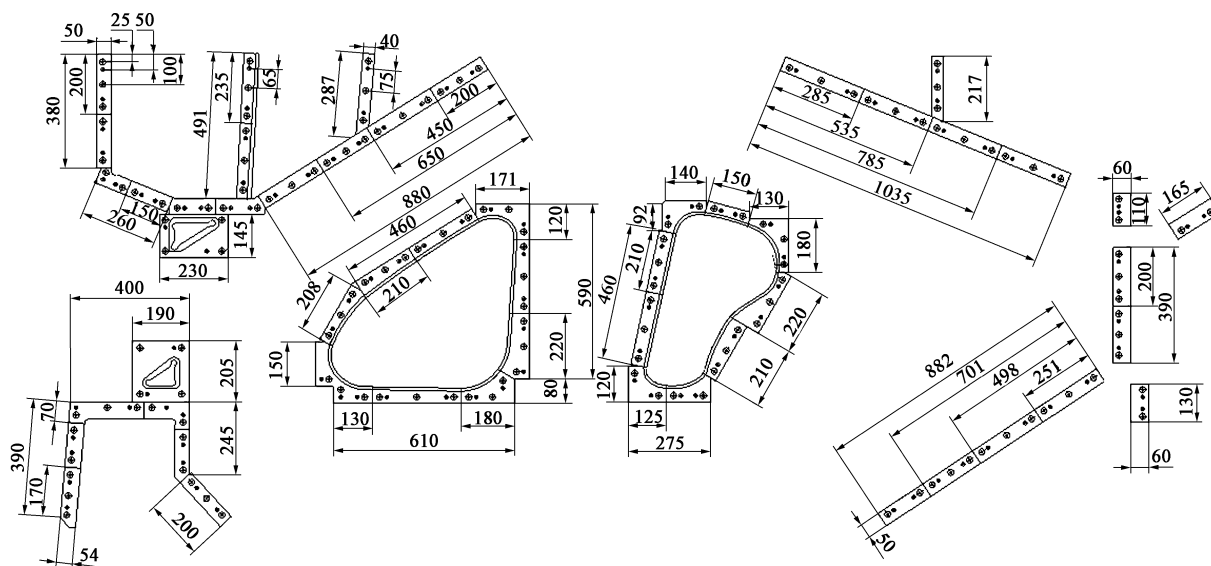


图 13 下模镶块分布

Fig. 13 Distribution of lower module inserts

压技术, 2020, 45 (5): 43-48, 109.

Hu Y M, Yu X L. Analysis and optimization on drawing process for aluminum alloy side frame [J]. Forging & Stamping Technology, 2020, 45 (5): 43-48, 109.

- [4] 蒋磊, 袁璐, 王龙, 等. 侧围外板全工序成形数值模拟与工艺优化 [J]. 塑性工程学报, 2021, 28 (10): 50-60.

Jiang L, Yuan L, Wang L, et al. Numerical simulation and process optimization of full process forming of side outer panel [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2021, 28 (10): 50-60.

- [5] 蒋磊, 马培兵, 王龙, 等. 基于 CAD/CAE 的侧围外板拉伸模设计 [J]. 塑性工程学报, 2021, 28 (6): 127-135.

Jiang L, Ma P B, Wang L, et al. Drawing die design for side panels based on CAD/CAE [J]. Chinese Journal of Plasticity Engineering, 2021, 28 (6): 127-135.

- [6] 代丽, 朱勇. 汽车侧围外板表面缺陷分析及冲压工艺优化 [J]. 锻压技术, 2021, 46 (6): 91-98.

Dai L, Zhu Y. Surface defect analysis and stamping process optimization of automobile side panel outer panel [J]. Forging & Stamping Technology, 2021, 46 (6): 91-98.

- [7] 肖敬伟. 轿车侧围外板局部褶皱的分析与解决 [J]. 锻压技术, 2021, 46 (12): 92-99.

Xiao J W. Analysis and solution of local wrinkles of car side panels [J]. Forging & Stamping Technology, 2021, 46 (12): 92-99.

- [8] 盛小涛, 苏晓渭, 王锦波, 等. 基于强弱影响区的大型覆盖件回弹补偿策略探究 [J]. 塑性工程学报, 2021, 28 (10): 42-49.

Sheng X T, Su X W, Wang J B, et al. Research on springback compensation strategy of large covers based on strong and weak influenced zones [J]. Chinese Journal of Plasticity Engineering, 2021, 28 (10): 42-49.

- [9] 范质允. 轿车侧围柔性化抓具静力学与动力学研究 [D]. 长春: 长春工业大学, 2021.

Fan Z Y. Statics and Dynamics Research on the Side Panel Flexible Gripper of Cars [D]. Changchun: Changchun University of Technology, 2021.

- [10] 万志远, 陈银平. 某轿车 C 柱内板冲压分析与成形模设计 [J]. 锻压技术, 2020, 45 (1): 69-73.

Wan Z Y, Chen Y P. Stamping analysis and forming die design of C-pillar inner plate of a car [J]. Forging & Stamping Technology, 2020, 45 (1): 69-73.

- [11] 权宏, 张海波. 基于 Autoform 的汽车天窗加强环成形模拟及工艺优化 [J]. 锻压技术, 2020, 45 (6): 53-58.

Quan H, Zhang H B. Forming simulation and process optimization on automobile skylight reinforcement ring based on Autoform [J]. Forging & Stamping Technology, 2020, 45 (6): 53-58.

- [12] 戴建新, 潘兴旺, 陶运良. 多品牌车身侧围结构工艺性对比分析 [J]. 机械设计, 2021, 38 (S1): 7-12.

Dai J X, Pan X W, Tao Y L. Comparative analysis of the manufacturability of the side wall structure of multi-brand car bodies [J]. Mechanical Design, 2021, 38 (S1): 7-12.

《锻压技术》郑重声明

为充分尊重作者权益, 坚决抵制学术不端行为, 积极倡导优良学风, 努力为学术创新营造良好氛围, 本刊郑重声明: 对一稿多投, 重复发表, 存在署名有争议, 引用他人著述未注明出处, 抄袭、剽窃、弄虚作假, 或以上情况的变相形式等学术不端行为的文章, 坚决拒绝刊登。一经发现, 立即撤稿, 并由本刊视情节轻重给予书面警告、拒绝刊登有其署名的稿件、通知其所在单位等处理。轻者给予 3~5 年不允许刊发其论文的处罚, 情节严重者, 将以适当方式予以公布, 该作者的论文永久不得刊用。

《锻压技术》编辑部