

一种落料工艺改造方法及其应用

吴尚敏¹, 方少洁²

- 景德镇艺术职业大学 教务处, 江西 景德镇 333000;
- 江西北汽海纳川星徽部件有限公司 技术质量部, 江西 景德镇 333000)

摘要: 对某车型前门内板落料工艺及模具结构进行分析, 得出将原开卷落料生产方式改造为定尺料落料方式, 通过增加定位和切边刃口, 实现定尺料经两次落料后得到最终坯料。并对模具的自动化生产进行调试匹配, 使落料模满足批量生产要求。为了保证落料的尺寸精度, 根据落料排样图以1:1比例制作泡沫板, 用于调试阶段与板料进行比对, 判断落料状态是否满足后序生产。自动化调试完成后, 对3批次量产进行跟踪, 以验证落料模的稳定性, 并对后序3批次冲压生产进行跟踪, 以验证落料后坯料的稳定性。生产结果表明: 经定尺料落料的坯料, 成形状态稳定, 产品质量满足要求; 经工艺改造后的落料模, 自动化生产状态稳定。此次改造节约了重制落料模的费用, 降低了生产成本, 也为同行业实施降本生产提供了思路和参考。

关键词: 前门内板; 落料模; 开卷落料; 定尺料落料; 定位; 切边刃口

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2024.01.028

中图分类号: TG385.2

文献标志码: A

文章编号: 1000-3940 (2024) 01-0216-07

A blanking process modification method and its application

Wu Shangmin¹, Fang Shaojie²

(1. Academic Affairs Division, Jingdezhen Vocational University of Art, Jingdezhen 333000, China;

2. Technical Quality Department, Jiangxi BAIC BHAP Xinghui Auto Parts Co., Ltd., Jingdezhen 333000, China)

Abstract: The blanking process and die structure of front door inner panel for a certain car model were analyzed, and it proposed to change the original uncoiled blanking production method to a fixed-length blanking method, which realized that the final blank was obtained after two blanking of the fixed-length material by adding positioning and trimming edges, and the automated production of die was debugged and matched to ensure that the blanking die could meet the requirement of mass production. Furthermore, in order to ensure the dimensional accuracy of blanking, the foam board was made at a ratio of 1:1 according to the blanking layout diagram, which was used to compare with the sheet metal during the debugging stage to determine whether the blanking status met the subsequent production. After the automated debugging was completed, three batches of mass production were tracked to verify the stability of the blanking die, and the subsequent three batches of stamping production were also tracked to verify the stability of the blank after blanking. The production results show that the blank after fixed-length blanking has a stable forming state and the product quality meets the requirements. The blanking die after process modification has a stable automatic production state. The modification saves the cost of making a new set of blanking die and reduces the production cost, which provides idea and reference for the implementation of cost reduction production to the same industry.

Key words: front door inner panel; blanking die; uncoil blanking; fixed-length blanking; positioning; trimming edge

开卷落料模因具有高生产效率且对材料利用率有一定的提升, 从而在各大汽车制造企业中得到了广泛的应用^[1-3]。但开卷落料模需要在特定的开卷落料线上进行生产, 因此, 在前期设计阶段会根据生产地的设备情况进行工艺、结构匹配^[4-5]。这就造成带有开卷落料模的冲压件在变更供货商时, 对

供货商及生产地的选择受到了限制。本文介绍了一种将开卷落料方式改造为定尺料落料的方法。经生产验证可知, 该方法可行, 且降低了生产成本。

1 改造方案分析

本文改造的开卷落料模为某车型前门内板落料模。该车型为售后备件项目进行供货, 对生产节拍要求不高, 因此工艺方案改造具备可行性。首先对原落料过程进行分析, 排样图如图1所示。图2为

收稿日期: 2023-06-21; 修订日期: 2023-09-20

作者简介: 吴尚敏 (1990-), 男, 硕士, 工程师

E-mail: 312658787@qq.com

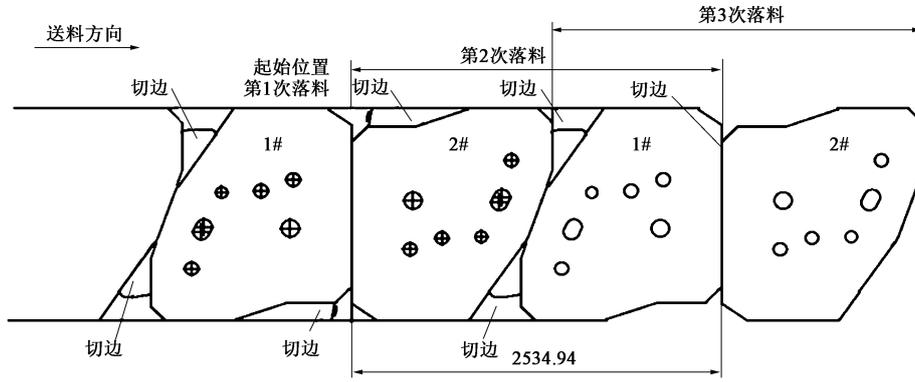


图 1 开卷落料排样图

Fig. 1 Layout diagram of uncoiled blanking

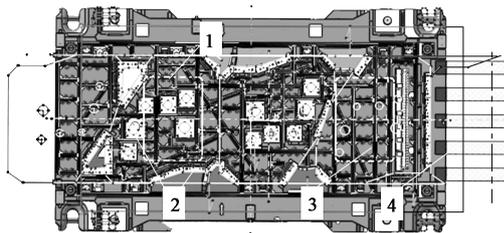


图 2 原模具结构图

1. 浮动托料架 2. 切边、冲孔刀口 3. 磁性滚轮 4. 运输皮带

Fig. 2 Original die structure diagram

原模具结构图。由图 1 可知，开卷落料的步距约为 2535 mm。落料过程如下：（1）卷料输送至起始位置，进行第 1 次落料，完成冲孔及部分轮廓切边得到 1#坯料；（2）卷料输送一个步距，进行第 2 次落料，1#坯料完成剩余轮廓切边并与卷料分离，2#坯料则完成了冲孔和全部轮廓切边，其中，1#坯料在压机回程过程中被模具中的磁性滚轮运送至外接运输皮带上，进而运出模具进行堆垛；（3）卷料继续输送一个步距，进行第 3 次落料，此时 2#坯料送至外接皮带上，经落料后与卷料分离并立即被运出模具进行堆垛，而 1#坯料也完成了剩余轮廓切边并与卷料分离，在压机回程过程中通过磁性滚轮将其送至外接皮带上，再由输送皮带运出模具进行堆垛。

由上述落料过程可知，1#坯料经第 1 次落料，冲孔及部分轮廓切边已经完成；第 2 次落料后，完成剩余轮廓切边并与卷料分离。2#坯料在第 2 次落料时，冲孔及全部轮廓切边已完成；第 3 次落料仅为分离工序。因此认为，使用定尺料落料，经两次落料可得到完整的坯料。从而制定如图 3 所示的落料方案，选用梯形料进行第 1 次落料，完成冲孔及

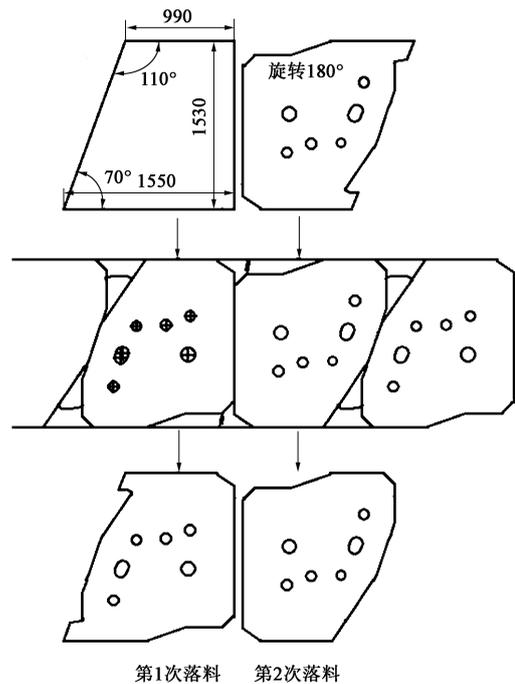


图 3 定尺料落料方案

Fig. 3 Scheme of fixed-length blanking

部分轮廓切边。落料结束后，旋转 180°运至上料处进行第 2 次落料，最终得到完整坯料。

确定了工艺方案后，对落料模结构进行分析。图 4 为落料模上、下模结构图。第 1 次落料采用梯形摆剪料，根据下模结构只能使用边定位，即靠板料边缘放置定位块。定位块放置位置如图 4b 中灰色线框所示。上模不进行更改。

进行第 2 次落料时，板料已经完成冲孔，因此优先考虑使用孔定位。但使用孔定位需要将对应孔的凹模刃口卸下，再安装定位销。定位销安装在下模座上，而下模座的孔通过直接铸造得到，且该孔用于排废料，只有与凹模刃口装配的面会进行

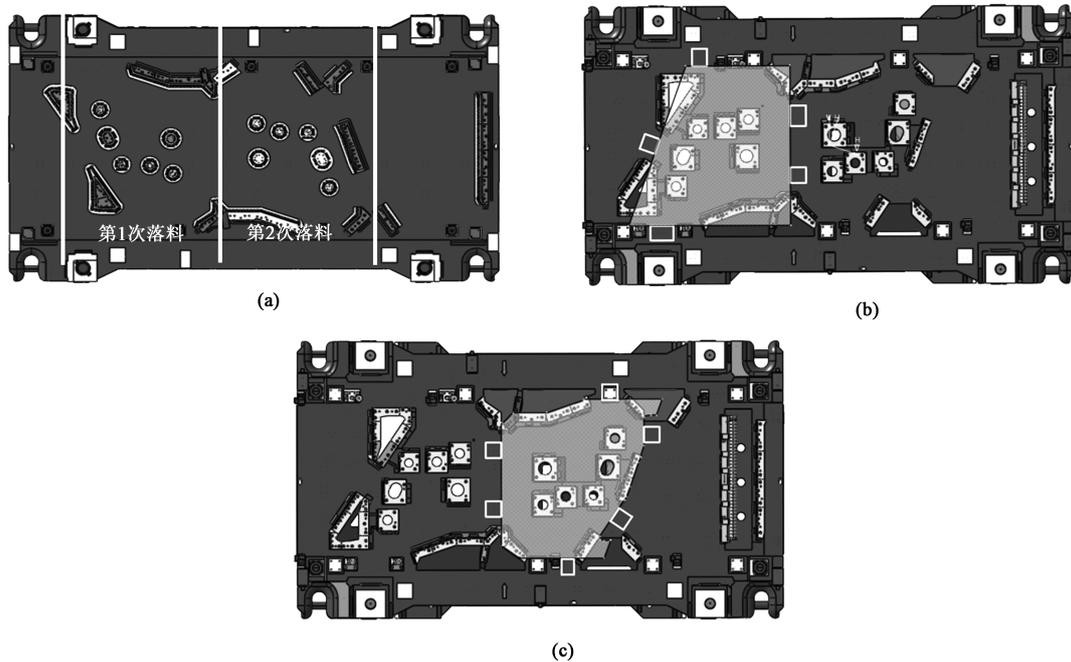


图 4 模具结构图

(a) 上模 (b) 第 1 次落料, 下模 (c) 第 2 次落料, 下模

Fig. 4 Die structure diagrams

(a) Upper die (b) The first blanking, lower die (c) The second blanking, lower die

机加工, 立面不进行机加工, 见图 5。定位销位置的精度无法保证, 因此考虑第 2 次落料也使用边定位。定位块安装位置为图 4c 中灰色线框所示。对应上模将已冲孔的凸模刃口及部分轮廓切边刃口卸下, 避免在第 2 次落料时重复冲孔、切边, 影响落料质量。

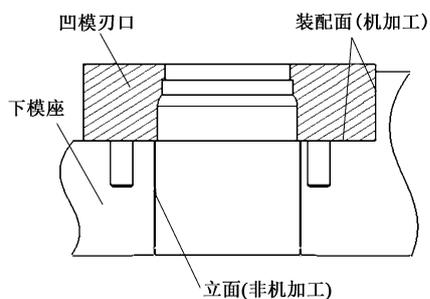


图 5 凹模刃口装配示意图

Fig. 5 Assembly schematic diagram of die edge

2 现场实施改造

根据前期工艺方案分析, 采用剪板机裁剪出 $(990+1550)$ mm \times 1530 mm 直角梯形料。将板料放置第 1 次落料位置, 以 1530 mm 高度边为基准对靠下模轮廓切边刃口边缘, 确保上模刃口切不到。板

料放置到位后, 确定定位块的大致位置, 先钻孔后攻丝, 安装定位块贴靠板料边缘, 并通过螺钉将定位块紧固。进行第 1 次落料, 落料后废料排出顺畅、板料表面质量好。标记好定位块位置后, 拆除定位块。落料后的板料旋转 180° 放至第 2 次落料位置, 以 1530 mm 高度边为基准, 同时使用第 1 次落料后的轮廓对准下模刃口边缘。板料放置到位后, 使用同样方法安装好定位块。进行第 2 次落料, 发现一处废料 (1#废料) 无法切断。现场调试照片见图 6, 其中白色线框为无法切断位置。其余位置废料排出通畅, 板料表面状态较好。

现场对无法切断的位置进行测量, 如图 7 所示, 切边量在 10 mm 之内。因此对该问题进行分析。对比原开卷落料工艺与现在定尺料落料工艺发现, 在如图 8 所示的原开卷落料工艺中, 未被切断的 1#废料使用的切边刃口为 1#刃口, 而现在定尺料上使用的切边刃口为 2#刃口。在 3D 数模上测量两块刀块的切边长度, 1#刃口的长度约为 113 mm, 2#刃口的长度约为 80 mm, 废料切断长度约为 86 mm。

测量得到 2#刃口的切边长度小于废料所需的切断长度, 自然出现废料切不断的问题。为此需要增加 2#刃口对应的上、下模切边长度。又因为 1#刃口的尺寸及安装孔位与 2#刃口不同, 所以简单地对调

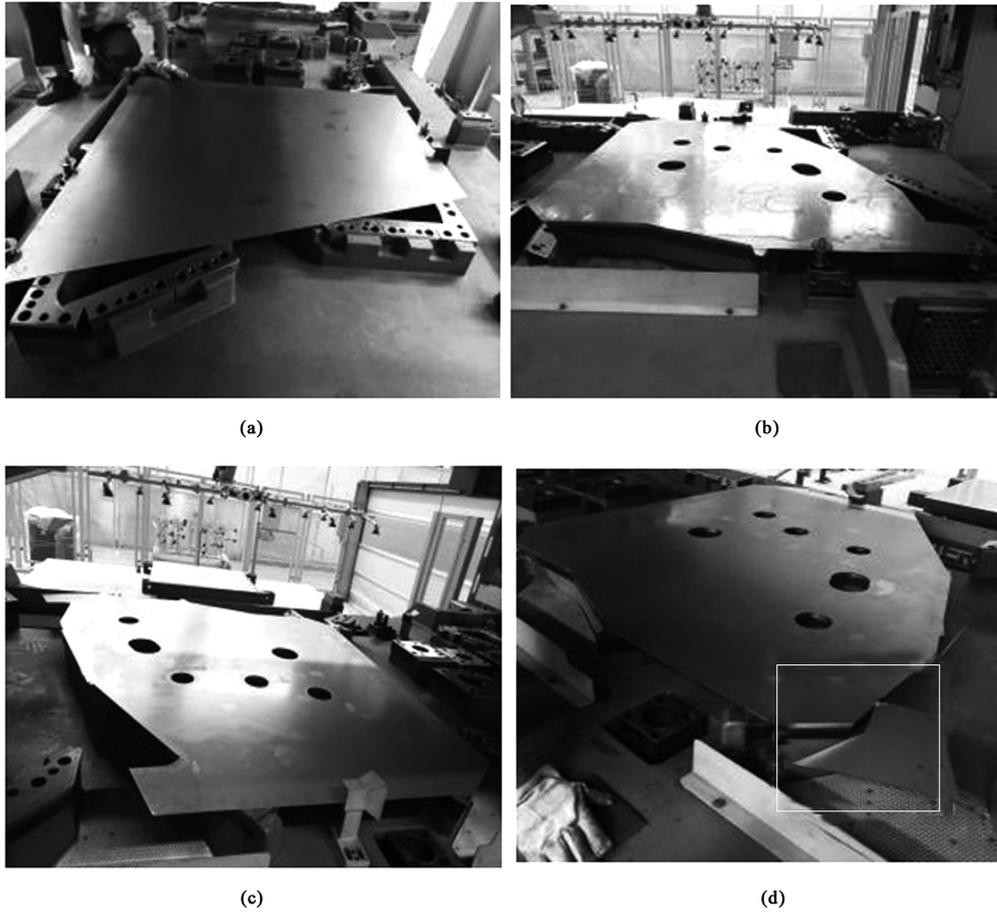


图 6 现场调试照片
 (a) 第 1 次落料前 (b) 第 1 次落料后 (c) 第 2 次落料前 (d) 第 2 次落料后

Fig. 6 Site debugging photos

(a) Before the first blanking (b) After the first blanking (c) Before the second blanking (d) After the second blanking

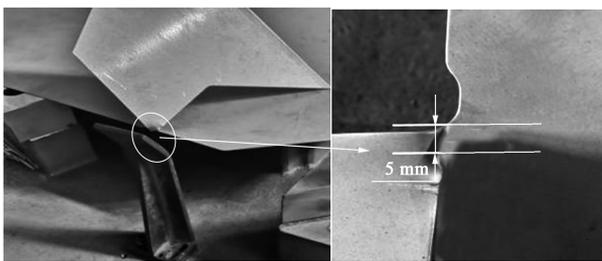


图 7 现场测量结果

Fig. 7 Result of field measurement

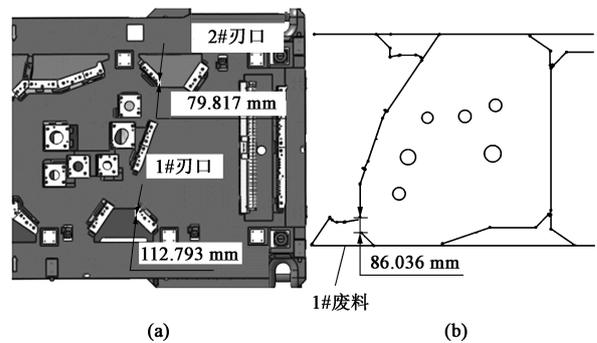


图 8 刃口测量结果

(a) 刃口 (b) 废料切断长度

Fig. 8 Result of edge measurement

(a) Edges (b) Cutting length of waste material

上下模刃口在结构上行不通。考虑到刃口刀块材质为 SKD11 钢，通过直接在刀块上焊接来增加切边长度的方法，会使局部加热温度过高，刀块存在开裂的风险^[6-8]。为此，考虑增加独立的切边刃口，通过与原刃口贴靠的装配面研配后安装到位。上、下模新增刃口以 45 钢为基座，使用普通焊条堆焊至合适高度，最上面采用专用刃口焊条焊出切边刃

口^[9-10]，制作好后通过螺钉与上下模座固定，压机上研配刃口。研配完成后用板料验证，经验证，增加刃口长度后能够正常切断废料，该问题得到解决。

3 生产调试跟踪

3.1 落料调试跟踪

生产地使用的落料设备为单台 800 t 压机，搭配两台机器人完成自动化生产。模具结构更改研配完成后，进行自动化生产调试。落料分两次进行，且进行第 2 次落料时需将贴靠 1530 mm 高度边的两处定位块的位置进行调整，因此先调试第 1 次落料，确定好机械手轨迹及定位块位置后再调试第 2 次落料。

为保证落料后板料的尺寸精度，按照排料图纸 1:1 比例制作了如图 9 所示的泡沫板。落料完成后，将板料放置在泡沫板上进行对比，以此判断落料后的板料尺寸是否正确。调试过程为：(1) 手动将板料基准边缘与刃口对齐，摆放板料到位；(2) 安装定位块贴靠板料；(3) 进行落料，落料完成后将板料放至泡沫板进行比对；(4) 如果比对轮廓不符，根据实际情况调整板料放置位置及定位块位置，直至落料轮廓与泡沫板相符，如果轮廓符合要求，则紧固定位块，调试机械手轨迹完成上料及下料动作；(5) 轨迹调整后进行一次完整的自动化落料，并将下料堆垛区的板料与泡沫板进行比对；(6) 若比对轮廓不符，则继续调整上料机械手轨迹及微调定位块，直至落料轮廓与泡沫板相符，若轮廓符合要求，则继续自动化落料 5~10 次，再进行比对，以确认稳定性。重复多次比对，尺寸轮廓符合要求且稳定性好，则固定定位块，对需要切换位置的定位块打好销钉孔，并焊有限位块，以便车间能够自主、快速地完成切换工作。

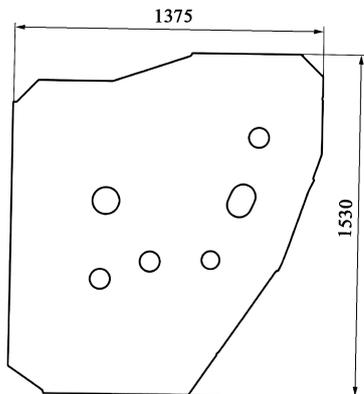


图 9 1:1 比例样板

Fig. 9 1:1 scale template

经调试，落料模能够满足自动化生产。但调试时使用的节拍比较慢，对稳定性有一定的保障。而正式批量生产的节拍将会提高，因此还需对批量生

产进行跟踪，确定落料的稳定性。同时，定位块的切换工作由车间现场人员完成，还可以验证操作人员是否具备该项能力，确定后续是否需要通过培训来提升技能。

因该零件生产地点变更，当前处于试制阶段。根据试制需求，落料数量逐步增加。跟踪了 3 批次量产，生产数量分别为 60、100 和 150 张，生产节拍按正常生产进行。

跟踪第 1 批次生产过程发现，落料轮廓不稳定，存在过切问题。考虑节拍变快后，板料投放不到位。因此，第 1 次落料时，上料机械手投料完成后，压机停止落料。进入到压机中查看投料状态，发现板料未落到位，一边搭在了定位块的圆角上。手动将板料放置好后，板料与定位块之间存在间隙，则可以判断定位块位置合适，并非因定位尺寸小导致板料无法落到位。但放置后的板料高度与定位块的圆角高度基本平齐，所以定位块无法对板料滑落起到很好的导向作用，导致板料出现过切问题。为解决该问题，在定位块侧面焊接一长方体钢块，并将其与板料接触的面打磨至与定位块平齐，将钢块倒圆角以避免划伤板料。调整后继续跟踪落料，根据比对确认该问题解决。

第 2 次落料时观察是否存在同样的问题，经多次比对，第 2 次落料的板料稳定性好，定位块可不做调整。

对之后的第 2 和第 3 批次进行生产跟踪，除部分切边毛刺较大外，轮廓尺寸较稳定。对毛刺较大位置研配刃口后，问题得以解决。至此认为改造后的落料模能够满足生产要求。

3.2 成形调试跟踪

将落料模调试过程中得到的符合轮廓尺寸的坯料，放置于拉伸模中进行调试。理论上落料后的坯料与原开卷落料后的坯料尺寸相符，后序成形件应该与原厂状态相一致。但考虑到生产设备变化，可能需要对模具进行调试。经拉伸成形后，与原厂工序件比对进料状态，还需对拉伸模进行微调。调整后再次与原厂件状态进行比对。比对状态如图 10 所示，将调试出的新件覆盖在原厂件上面进行比对，发现进料状态基本一致，且拉伸工序件未出现质量缺陷。从而认为定尺料落料满足成形要求。

当然，还需对正常生产状态下的落料坯料成形状态进行跟踪。与落料批次对应的 3 批次进行跟踪，每批次对首末件的状态进行查看，发现拉伸件的状态较稳定，且未出现质量问题。对于调试过程中出

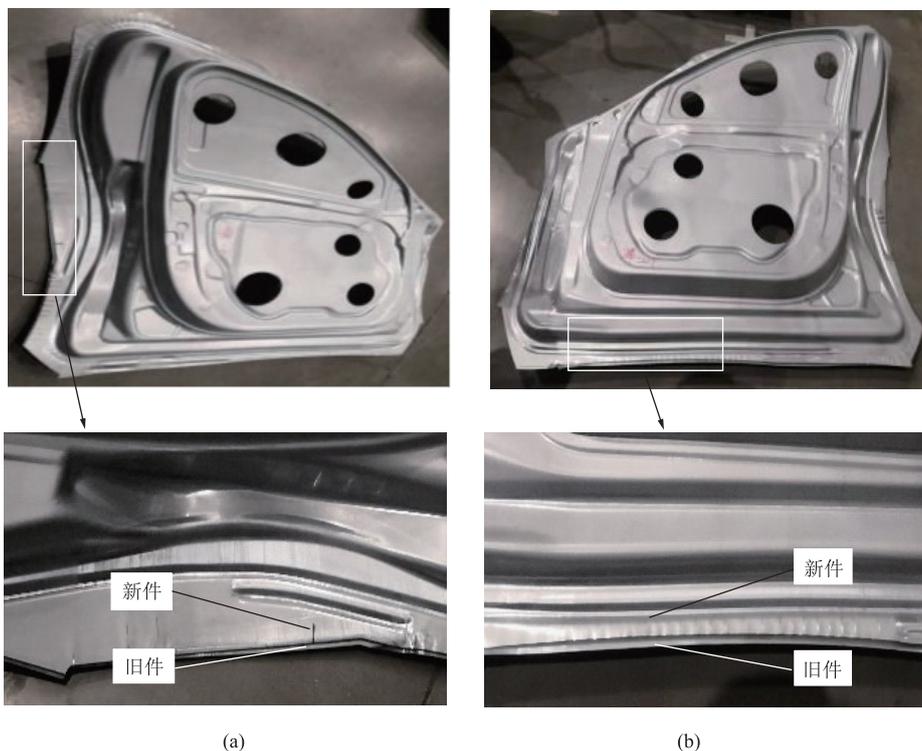


图 10 新旧件状态比对

(a) 左前门内板 (b) 右前门内板

Fig. 10 Comparison of new and old parts

(a) Left front door inner panel (b) Right front door inner panel

现过切的坯料，将其表面清洁后放入拉伸模进行成形，以确认坯料成形的尺寸裕度，同时减少板料的浪费。将成形后与原厂件状态比对发现，除过切位置进料轮廓存在差异外，其余位置仍与原厂件基本一致，且拉伸工序件未出现质量缺陷。经验证，坯料过切量 ≤ 3 mm时，对成形质量影响不大，但在后续落料生产中仍需要保证落料稳定性。

4 经济效益分析

该套落料模经自主改造，使原开卷落料工艺改为定尺料落料工艺，适应了生产地单台落料压机的落料方式，且落料得到的坯料满足后序生产要求。此次改造避免了重新制作一套落料模，根据梯形料尺寸对模具尺寸及重量进行估算^[11]，若按照每吨 3.5 万元的价格进行计算，将直接节约成本 28 万元左右。

对工艺更改前后的材料利用率进行分析。目前，普遍使用的计算方法为^[12-13]：

$$\eta = A_s / A_0 \quad (1)$$

式中： η 为材料利用率； A_s 为落料后板料面积； A_0

为所使用的板料面积。

使用 CATIA 软件测量落料后的板料面积为 1.73 m^2 ，原开卷落料方式中，卷料宽度为 1530 mm，步距为 2535 mm，出件方式为一出二，计算得到材料利用率为 89.22%；工艺改造后的落料方式为梯形料落料，尺寸为 $(990+1550) \text{ mm} \times 1530 \text{ mm}$ ，出件方式为一出一，计算得到材料利用率为 89.03%。

由上述可以看出，虽然改造后材料利用率有所下降，但节约了重新制作落料模的费用，改造最终是降低了生产成本的。

5 结论

(1) 通过自主改造，使得开卷落料模能够以定尺料落料的方式进行生产，并满足批量生产要求。落料得到的坯料用于后续成形，得到的拉伸件也满足质量要求。

(2) 本次改造避免了重新开发一套落料模，直接节约成本 28 万元。同时，改造实施相关人员的工艺改造能力有所提升。虽然材料利用率下降了 0.18%，但综合考虑，还是降低了生产成本。

(3) 本次改造方法经验能够给同行在降本生产或拓展生产业务能力方面提供一些启发和参考。

参考文献:

- [1] 吕进, 潘川. 开卷落料模在汽车冲压生产中的应用 [J]. 模具制造, 2015, 15 (1): 29-32.
Lyu J, Pan C. The application of decoil blanking die in automobile stamping production [J]. Die & Mould Manufacture, 2015, 15 (1): 29-32.
- [2] 潘恩海. 汽车用钢板开卷线发展方向 [J]. 机械制造与自动化, 2006, (5): 64-65.
Pan E H. The development direction of steel plate uncoiling line car [J]. Mechanical Manufacturing and Automation, 2006, (5): 64-65.
- [3] 蔡军, 贺本湖, 陈景松, 等. 现代轿车制造业中的开卷落料线 [J]. 锻压装备与制造技术, 2002, (1): 10-12.
Cai J, He B H, Chen J S, et al. The open blanking production line in modern automotive manufacture industry [J]. China Metalforming Equipment & Manufacturing Technology, 2002, (1): 10-12.
- [4] 谭志成, 曹旭军, 陈静. 开卷落料模设计 [J]. 模具制造, 2013, 13 (7): 8-11.
Tan Z C, Cao X J, Chen J. An open-book blanking die design [J]. Die & Mould Manufacture, 2013, 13 (7): 8-11.
- [5] 李傲宏. 开卷线落料模结构设计 [J]. 模具工业, 2014, 40 (2): 39-41.
Li A H. Structure design of blanking die with unwinder device [J]. Die & Mould Industry, 2014, 40 (2): 39-41.
- [6] 雷淑梅, 张成毅, 匡同春, 等. SKD11 冷作模具裂纹原因分析 [J]. 金属热处理, 2017, 42 (4): 191-195.
Lei S M, Zhang C Y, Kuang T C, et al. Analysis on crack cause of SKD11 cold working die [J]. Heat Treatment of Metals, 2017, 42 (4): 191-195.
- [7] 潘诗良. 几例模具失效的剖析 [J]. 金属热处理, 2015, 40 (8): 211-214.
Pan S L. Failure analysis of some typical cases of moulds [J]. Heat Treatment of Metals, 2015, 40 (8): 211-214.
- [8] 金桑超, 赵先锐, 李妮, 等. Cr12MoV 钢冷冲模失效分析 [J]. 金属热处理, 2015, 40 (7): 189-192.
Jin S C, Zhao X R, Li N, et al. Failure analysis on Cr12MoV steel cold punching die [J]. Heat Treatment of Metals, 2015, 40 (7): 189-192.
- [9] 范芳, 肖贵乾, 武昭好, 等. 某汽车覆盖件冷切边模具激光熔覆表面强化材料研究 [J]. 锻压技术, 2023, 48 (1): 208-215.
Fan F, Xiao G Q, Wu Z Y, et al. Research on laser cladding surface strengthening material for cold trimming die of an automobile panel [J]. Forging & Stamping Technology, 2023, 48 (1): 208-215.
- [10] 彭拥军. 模具铸铁刃口堆焊 [J]. 时代汽车, 2021, (11): 154-155.
Peng Y J. Die cast of iron cutting edge surfacing [J]. Auto Time, 2021, (11): 154-155.
- [11] 叶立渊, 李军, 陈道发, 等. 将停产车型开卷落料模改造后用于新车型的探索 [J]. 模具制造, 2016, 16 (12): 22-26.
Ye L Y, Li J, Chen D F, et al. To reform discontinued decoil blanking die for new automobile version research [J]. Die & Mould Manufacture, 2016, 16 (12): 22-26.
- [12] 龚志辉, 杨继涛, 汪日超, 等. 基于冲压效应的汽车覆盖件材料利用率计算 [J]. 机械工程学报, 2013, 49 (14): 114-118.
Gong Z H, Yang J T, Wang R C, et al. Calculation of the material utilization ratio for automobile panel based on stamping effect [J]. Journal of Mechanical Engineering, 2013, 49 (14): 114-118.
- [13] 车利, 郭全庆, 刘波, 等. 2A16 铝合金簸箕形薄壁件成形工艺 [J]. 锻压技术, 2022, 47 (12): 87-93.
Che L, Guo Q Q, Liu B, et al. Forming process on dustpan-shaped thin-wall part for 2A16 aluminum alloy [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47 (12): 87-93.

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 •