

板料成形

汽车外覆盖件冲击线的影响因素及评价指标

王 权^{1,2}, 张晓莹^{1,2}, 朱永刚^{1,2}

(1. 郑州科技学院 机械工程学院, 河南 郑州 450064; 2. 河南省数字化智能装备工程研究中心, 河南 郑州 450064)

摘要: 针对汽车外覆盖件冲击线缺陷, 采用弯曲-压平-拉伸的方法模拟冲击线形成过程, 分析冲击线对试样表面硬度和形貌的影响, 获取了硬度梯度、凹痕深度与折弯圆角半径、拉伸应变之间的关系; 分析冲击线对涂装外观质量的影响, 获取了消除影响的冲击线凹痕深度阈值, 并以此作为冲击线评价指标。应用此评价方法, 对某车型后背门内板零件材料在切换过程中出现的冲击线质量问题进行了分析和控制。结果表明: 凹痕最大深度与拉伸应变呈幂指数变化关系, 而最大硬度变化与拉伸应变、折弯圆角半径呈指数变化关系; 冲击线对涂装外观质量存在明显的负面影响, 当冲击线凹痕深度不超过 10 μm 时, 能够消除冲击线对外观质量的影响。通过提高后背门内板成形过程的压边力消除了冲击线与起皱缺陷, 证明了所提出的冲击线评价试验指标是可靠、有效的。

关键词: 汽车外覆盖件; 冲击线; 凹痕深度; 表面涂装; 外观质量

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2024.06.010

中图分类号: TG386

文献标志码: A

文章编号: 1000-3940 (2024) 06-0088-08

Influence factors and evaluation index of impact line for automobile outer panels

Wang Quan^{1,2}, Zhang Xiaoying^{1,2}, Zhu Yonggang^{1,2}

(1. College of Mechanical Engineering, Zhengzhou University of Science & Technology, Zhengzhou 450064, China;

2. Henan Province Engineering Research Center of Digital & Intelligent Equipment, Zhengzhou 450064, China)

Abstract: According to the impact line defect of automobile outer panel, a bending-flattening-stretching method was used to simulate the formation process of impact line, and the influences of impact line on the surface hardness and morphology of samples were analyzed to obtain the relationship between hardness gradient, dent depth and bending fillet radius, tensile strain. And the influence of impact line on the appearance quality of coating was analyzed to obtain the dent depth threshold of impact line eliminating the influence, which was used as the evaluation index of impact line. Furthermore, the impact line quality problem in the material switching process of back door inner panel parts for a vehicle was analyzed and controlled by this evaluation method. The results show that the relationship between dent maximum depth and tensile strain is power exponential, and the relationship between the maximum hardness change and tensile strain as well as bending fillet radius is exponential. The impact line has a significant negative impact on the appearance quality of coating. When the dent depth of impact line does not exceed 10 μm , the influence of impact line on the appearance quality can be eliminated. By increasing the blank holder force in the forming process of back door inner plate, the impact line and wrinkling defects are eliminated, which proves the reliability and validity of the proposed impact line evaluation test index.

Key words: automobile outer panels; impact line; dent depth; surface coating; appearance quality

典型外覆盖件冲压成形时, 在拉伸过程中, 板

料被拉入模具型腔中, 经历较大的变形过程。零件在成形过程中形成了较多的圆角, 且部分圆角呈台阶状。在众多圆角中, 由于凹模圆角与管理面相连接, 而为了防止板料流入模腔后发生起皱缺陷, 因此, 该区域模具设计基本为 0 间隙或负间隙, 同时需满足 100% 研合^[1]。材料在流过凹模圆角与压边圈的瞬间, 板料与模具之间的摩擦由静摩擦转变为滑动摩擦, 且伴随弯曲成形, 存在较大的冲击力, 容易形成冲击线缺陷。冲击线作为深拉伸外覆盖件

收稿日期: 2023-12-07; 修订日期: 2024-03-06

基金项目: 河南省高等学校重点科研项目 (23B460005); 河南省科技公关项目 (232102220076); 教育部供需对接就业育人项目 (20230102726)

作者简介: 王 权 (1989-), 男, 硕士, 讲师

E-mail: wangquan1989s@163.com

通信作者: 张晓莹 (1985-), 女, 硕士, 副教授

E-mail: funworldzxy@163.com

冲压过程中产生的主要表面质量问题之一,常见于侧围门槛、前后门内板开门侧壁及整体式背门内外板拉延侧壁等区域。目前,一般在设计阶段,从冲压工艺及模具结构方向进行优化,从而避免或者消除冲击线缺陷。

研究人员针对冲击线的优化开展了一定的研究:杜秀芝等^[2]通过拉延成形仿真试验,分析了产品局部造型对冲击线等的影响,通过造型变更设计和仿真分析发现产品表面特征棱线或造型线处A柱前部区域和加油口区域未产生滑移线,后轮毂区域的滑移线向下滑出,并不影响表面质量,上边梁区域产生的冲击线被控制在零件区域之外;加尔肯白克·加沙来提等^[3]针对外覆盖件的成形特征,以U形件为基本特征,对冲击线的产生进行重现,获取了冲击线产生的阈值,为冲击线优化控制提供了支撑;李月伟^[4]分析了典型零件冲击线产生的原因,提出设计时可做二级台阶的方法,可有效避免在外观面上形成冲击线;祝林等^[5]分析了冲击线产生的原因,基于AutoForm搭建了零件成形过程的分析模型,获取了型面、拉延筋等对冲击线的影响和改善外观的方案;陈萍等^[6]通过若干实例对奥迪特理论评审应注意的问题进行了总结,认为冲击线由板料特性决定,工艺无法完全消除,且提出了冲击线离修边线要有10 mm以上的距离,同时无论凹模圆角多大,均要提前检查冲击线缺陷,重点检查区域有

侧围门洞、翼子板与发罩搭接处等。现有的研究更多地聚焦在冲击线的影响因素和优化方法方面,通过冲击线再现分析,得到不同因素的影响,而对冲击线的评价方法的研究则是后续研究的重点,因此,本文对此开展研究。

根据冲击线缺陷产生的原因,采用弯曲-压平-拉伸的试验方法模拟冲击线的形成过程;基于此试验方法,分析冲击线对试样表面硬度和形貌的影响,获取硬度梯度、凹痕深度与折弯圆角半径、拉伸应变等因素之间的关系,并拟合数学模型;分析冲击线对涂装外观质量的影响,获取消除影响的冲击线凹痕深度阈值,以此作为冲击线评价指标;针对某车型后背门内板零件材料切换过程中出现的冲击线质量问题,采用数学模型和评价方法进行分析,获取工艺优化方案,达到消除对外观质量影响的目的。

1 冲击线模拟试验

冲击线作为冲压过程中的典型零件表面缺陷,建立针对其的评价方法,研究不同因素对其的影响规律尤为重要。考虑到实际试验时,采用大型模具对冲击线的形成能力进行评价并不现实^[7],因此,将凹模圆角区域的变形分解为先拉伸、后弯曲拉伸、最后拉伸的叠加变形,如图1所示。

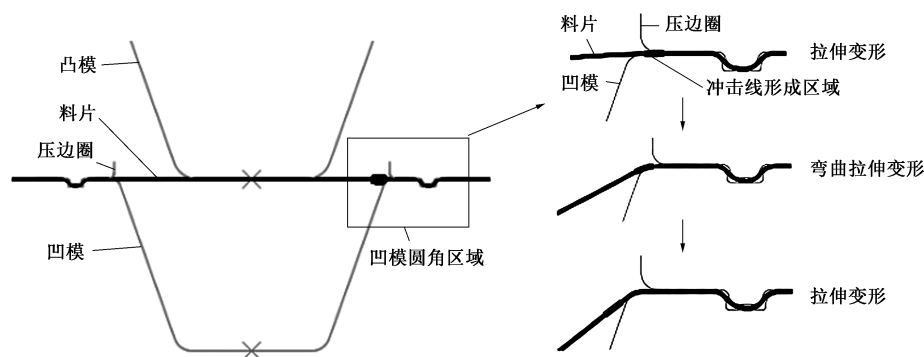


图1 典型凹模圆角变形过程

Fig. 1 Deformation process of typical die fillet

根据以上分析,设计先弯曲后拉伸的冲击线模拟过程,以此建立评价方法。弯曲过程可通过折弯试验机进行,折弯后试样表面形成局部硬化痕印,即模拟的冲击线^[8],后通过拉伸试验并配合GOM在线应变测量系统,模拟冲击线形成和不同成形工艺下的状态。图2为不同圆角折弯后及弯曲压平并拉伸后的试样状态。

将压平后的折弯试样进行不同应变下的拉伸试验,模拟冲击线形成后的拉伸过程。试验采用Zwick Roell BUP1000型号板材综合成形试验机进行测试,采用GOM在线应变测量系统进行应变控制。分别设置应变为2%、4%、6%和8%,横向和纵向任一方向的应变达到设定值后,即停止试验;同时,获得每个试样的拉伸位移和载荷力之间的关系曲线。

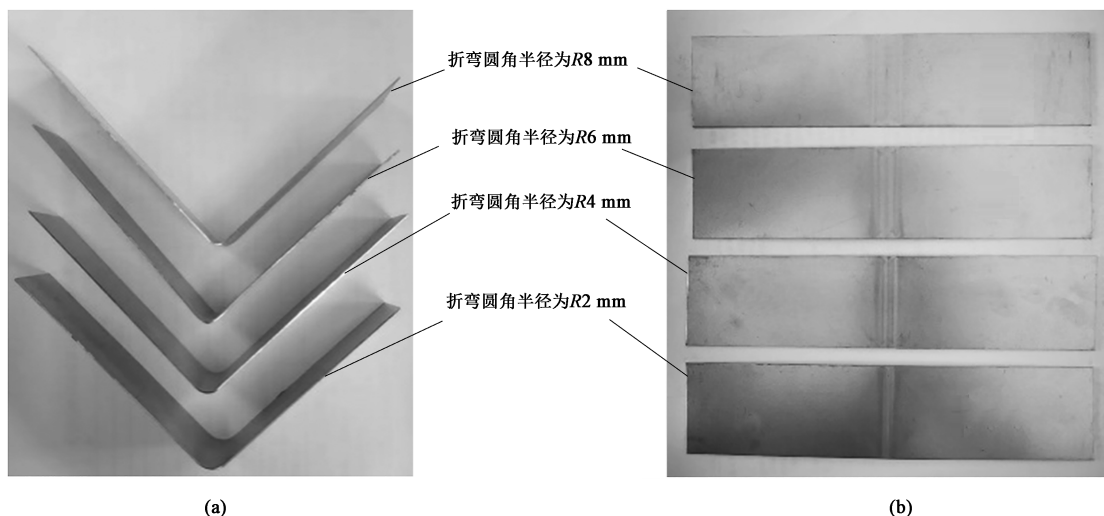


图 2 不同圆角折弯后 (a) 和压平拉伸后 (b) 的试样

Fig. 2 Specimens after bending with different fillets (a) and after flattening and stretching (b)

为尽可能降低试验操作人员及设备对结果的影响, 每种情况制备 3 个试样, 拉伸试验后的试样如图 3 所示。

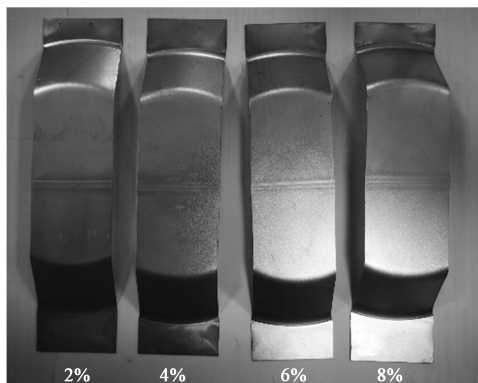


图 3 不同应变下的拉伸试样对比

Fig. 3 Comparison of tensile samples under different strains

弯曲-拉伸后由于塑性变形的影响, 冲击线区域的硬度与其他区域有所不同, 采用日本 FUTURE-TECH 全自动洛氏硬度计 LC-200R 对拉伸后试样进行表面硬度测试。首先, 拉伸后在试样表面沿横纵梁间隔 5 mm 进行划线, 呈现 8 mm×10 mm 方格标记点, 在标记点处进行表面硬度测试。测试方法为: 压子轴下降→基准荷重负荷→试验荷重负荷、保持、解除→硬度标示→压子轴上升, 试样料片上表面与压子轴距离 0.5~8.0 mm 以内升降动作设置为自动, 其余为手动。图 4 为不同折弯圆角半径、不同拉伸应变下的试样表面硬度分布。

当试样的折弯圆角半径不同时, 表面硬度存在一定的差异, 随着拉伸应变的变化, 不同试样的表

面硬度呈现梯度变化。当折弯圆角半径为 R2 mm 时, 不同的拉伸应变下, 各试样的表面硬度差较大; 当折弯圆角半径为 R4 mm 时, 拉伸应变达到 8% 时, 试样的表面硬度差较小, 其他试样的表面硬度差依然较大; 当折弯圆角半径为 R6 和 R8 mm 时, 拉伸应变超过 4% 的情况下, 试样的表面硬度差较小。

表面形貌直接影响涂装后的外观质量, 试验设备采用德国 HOMMEL 公司 T8000 表面轮廓测量仪, 图 5 为材料表面冲击线轮廓形貌, 横坐标相对位置表示相对试样边部测试起点位置的距离。

由试验测试结果可知, 当拉伸应变达到 2% 时, 4 组试样的变形量较小, 试样表面形貌的凹痕深度较大; 当拉伸应变达到 4% 时, 深度依然较大; 当拉伸应变达到 6% 时, 4 组试样的变形量存在较大差异, 折弯圆角半径为 R2 和 R4 mm 时, 表面形貌的凹痕深度较大, 而折弯圆角半径为 R6 和 R8 mm 时, 凹痕深度则较小; 当拉伸应变达到 8% 时, 4 组试样的变形量存在一定的差异, 折弯圆角半径为 R2 mm 时, 表面形貌的凹痕深度依然较大, 而折弯圆角半径为 R4、R6 和 R8 mm 时的凹痕深度则相对较小。

2 冲击线影响分析

2.1 试验材料

选取典型深拉延覆盖件材料 DX54D+Z 钢, 基于提出的冲击线评价方法, 对成形后试样进行评价, 材料的基础力学性能如表 1 所示, 其中 0° 为板材轧制方向, 45° 为与轧制方向呈 45° 方向, 90° 为垂直于

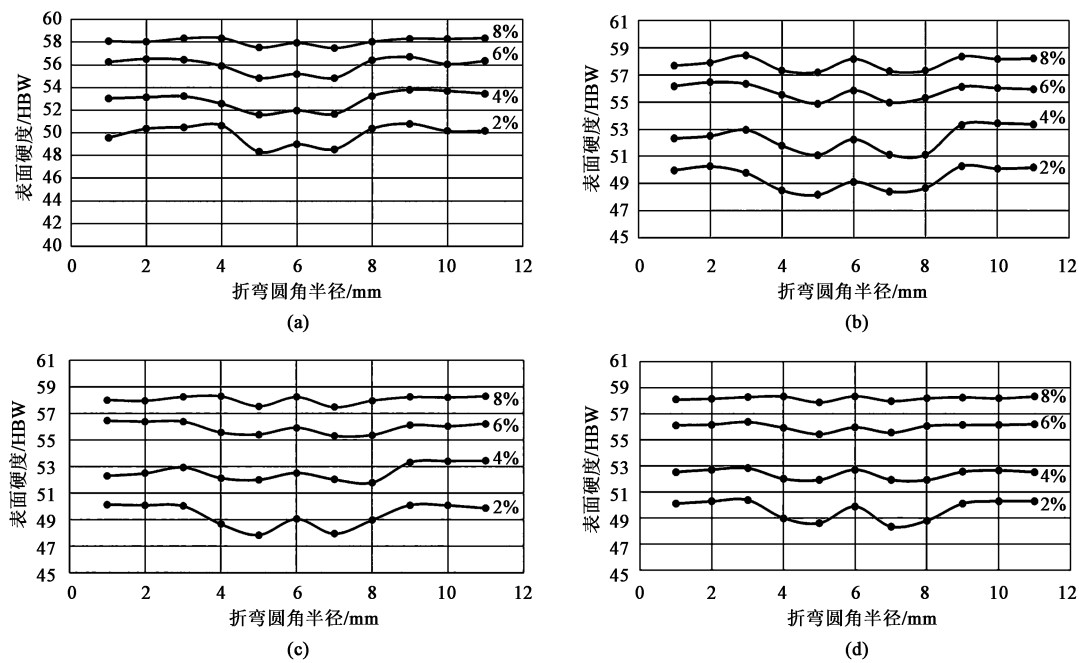


图4 不同折弯圆角半径下试样的表面硬度
(a) R2 mm (b) R4 mm (c) R6 mm (d) R8 mm
Fig.4 Surface hardnesses of specimens with different bending fillet radii

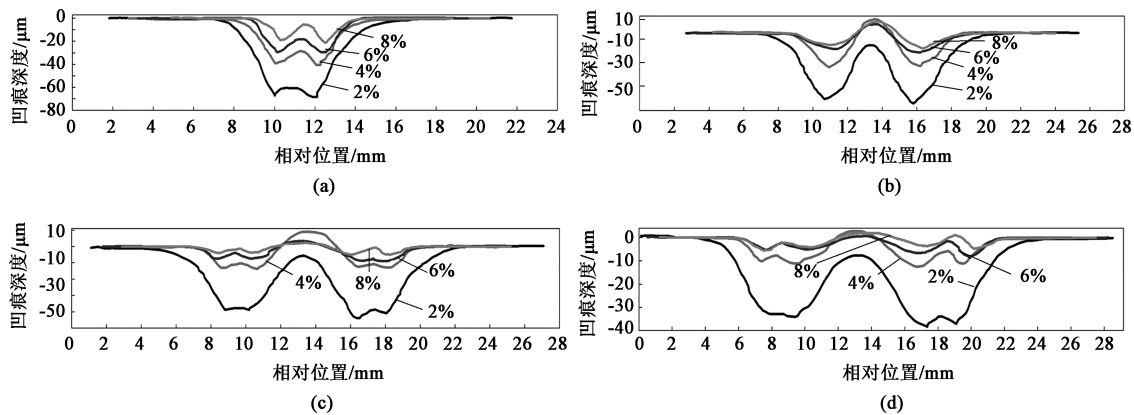


图5 不同折弯圆角半径下试样表面冲击线轮廓形貌
(a) R2 mm (b) R4 mm (c) R6 mm (d) R8 mm
Fig.5 Contour morphologies of impact line at surface of specimens with different bending fillet radii

表1 材料力学性能			
Table 1 Mechanical properties of material			
参数	方向		
	0°	45°	90°
屈服强度/MPa	152.5	158.9	156.5
抗拉强度/MPa	296.1	298.2	292.7
断后伸长率/%	45.12	46.44	46.27
硬化指数 n	0.234	0.226	0.230
塑性应变比 r	2.119	2.080	2.727

轧制方向。

2.2 对试样变形和表面形貌的影响

不同折弯圆角半径及变形量下，由于发生塑性变形，冲击线区域的硬度分布将有所变化。根据硬度测试结果，以试样表面未发生折弯区域的硬度作为基准，获取模拟冲击区域试样表面的硬度梯度分布，以最大硬度变化作为指标，获取其与折弯圆角半径和拉伸应变之间关系，如图6所示。

分析图6可知：随着拉伸应变的增加，即对模拟冲击线区域施加的变形量增大，试样表面模拟冲击区域的最大硬度变化逐渐降低；当拉伸应变相同

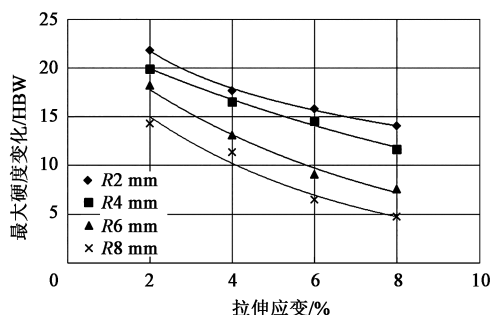


图 6 折弯圆角半径、拉伸应变对冲击线区域表面硬度的影响

Fig. 6 Effects of bending fillet radius and tensile strain on surface hardness of impact line area

时, 即对模拟冲击线区域施加相同的变形量, 随着试样折弯圆角半径的增大, 最大硬度变化也逐渐降低; 最大硬度变化与拉伸应变 (施加的变形量)、折弯圆角半径直接相关, 并呈现指数变化关系; 对最大硬度变化进行归一化处理, 剔除材料性能本身差异的影响, 拟合获得不同折弯圆角半径下, 拉伸应变与模拟冲击线表面最大硬度变化之间的关系, 如式 (1) 所示。

$$\Delta(\varepsilon, R) = (0.0675R^3 - 6.4618)\ln\varepsilon - 0.9214R^{0.773} \quad (1)$$

式中: $\Delta(\varepsilon, R)$ 为拉伸应变、折弯圆角半径与模拟冲击线表面最大硬度变化之间的关系式; ε 为拉伸应变; R 为折弯圆角半径。

根据前述不同拉伸应变下模拟冲击线表面轮廓形貌, 提取各试样的凹痕最大深度, 获取不同折弯圆角半径时的测试结果, 如图 7 所示。

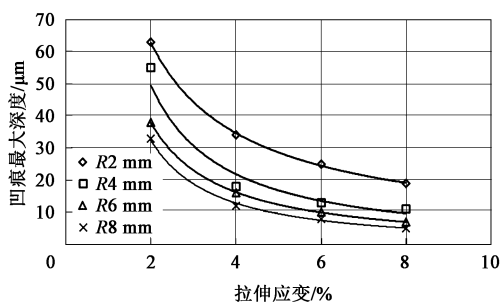


图 7 折弯圆角半径、拉伸应变对冲击线区域表面形貌的影响

Fig. 7 Effects of bending fillet radius and tensile strain on surface morphology of impact line area

由图 7 可知: 随着拉伸应变的增加, 即对模拟冲击线区域施加的变形量逐渐增大, 不同折弯圆角半径的试样表面形貌的凹痕最大深度逐渐降低; 当拉伸应变相同时, 即对模拟冲击线区域施加相同的变形量, 随着折弯圆角半径的增大, 凹痕最大深度也逐渐降低; 凹痕最大深度与拉伸应变呈现幂指数

的变化关系, 与折弯圆角半径、拉伸应变 (施加的变形量) 有关。进一步拟合获得不同折弯圆角半径时, 拉伸应变与模拟冲击线表面形貌凹痕最大深度之间的关系。

$$h(\varepsilon, R) = (-0.1473R + 1.2074) \times \varepsilon^{(-0.0313R^2 + 0.215R - 1.4155)} \quad (2)$$

式中: $h(\varepsilon, R)$ 为拉伸应变、折弯圆角半径与模拟冲击线表面形貌凹痕最大深度之间的关系式。

通过式 (1) 和式 (2), 可以获得不同拉伸应变下, 冲击线区域的最大硬度变化和凹痕最大深度, 以此作为判断试样表面是否合格的依据。

2.3 对表面涂装的影响

任何冲压件表面的质量问题均会在涂装后显现出来, 特别是外观件涂漆后在光线的照射下, 任何微小的变形、划痕等都会特别明显, 一般来说需要控制 3 个指标, 即漆面的长波值 L_w 、短波值 S_w 及鲜映性值 DOI ^[9-11]。考虑到涂装后表面质量主要与形貌有关, 以冲击线的凹痕深度为考察指标, 对不同折弯圆角半径和变形量下的冲击线缺陷经板材电泳处理后再粘贴高光胶带的试样, 进行了长波、短波和鲜映性分析, 结果如图 8 所示。

根据主机厂要求, 当长波值小于 50 μm 、短波值小于 43 μm 、鲜映性值大于 53% 时, 可满足表面涂装要求; 通过对不同凹痕深度时冲击线外观质量的 3 个指标 L_w 、 S_w 及 DOI 值进行拟合, 三者与表面凹痕深度呈现线性正相关。因此, 由计算得知, 当凹痕深度小于 10 μm 时, 可满足设定参数要求, 冲击线缺陷对涂装外观质量的影响可以忽略。

3 后背门内板冲击线缺陷分析

某车型后背门内板采用 DX54D+ZM 钢材料替换 DX54D+Z 钢后, 冲压过程中出现冲击线缺陷。现场表现为: 正常生产 DX54D+Z 钢产品 400 件后, 在原模具工艺参数情况下生产 DX54D+ZM 钢材料, 后背门内板尾灯立面位置侧光显示有明显冲击线且有触感, 如图 9 所示。

对比两种材料在冲压后冲击线区域压边圈对应位置的流入量可知, DX54D+ZM 钢材料的流入量明显多于 DX54D+Z 钢材料, 如图 10 所示。

同时, 由于流入量增加, 在该零件的侧面出现不处理不可视、打磨后轻微可视的起皱缺陷, 但无明显触感 (图 11 中圈示部分)。

基于以上分析发现, 冲击线及起皱的原因为:

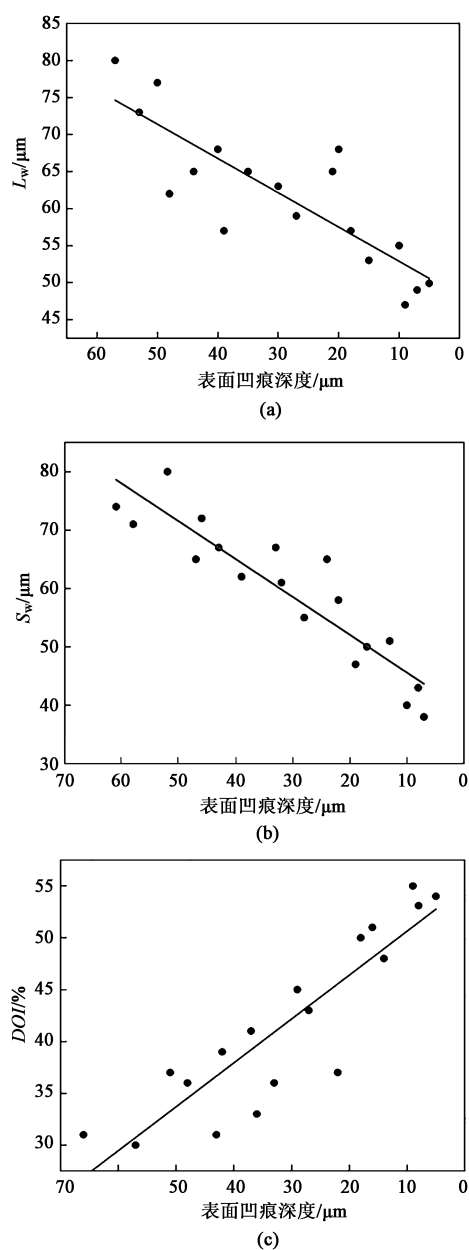


图8 表面涂装分析结果
(a) L_w (b) S_w (c) DOI

Fig. 8 Analysis results of surface coating

切换 DX54D+ZM 钢材料后, 润滑增加, 材料流动阻力减小, 整体应变变小, 材料无法完全达到设定的拉伸应变, 从而导致凹模圆角与板料接触区域硬度梯度增大, 最终出现冲击线及起皱问题。

对比两种材料的零件成形极限图 (Forming Limit Diagram, FLD) 分析结果, 如图 12 所示。由图 12 可知: 采用 DX54D+Z 钢材料时, 凹模圆角与板料接触区域的主应变水平在 10% 左右; 而 DX54D+ZM 钢材料的 FLD 结果显示, 该处的应变仅为 6% 左右。模具凹模圆角半径约为 $R5\text{ mm}$, 属于常规设



图9 后背门内板冲击线缺陷

Fig. 9 Impact line defect of back door inner plate

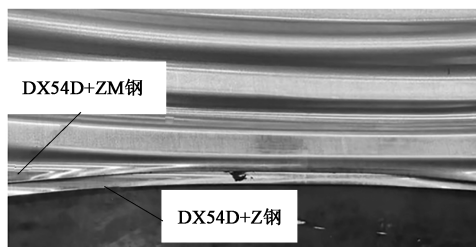


图10 不同材料的冲击线区域压边圈位置流入量对比

Fig. 10 Comparison of inflow at blank holder position in impact line area for different materials

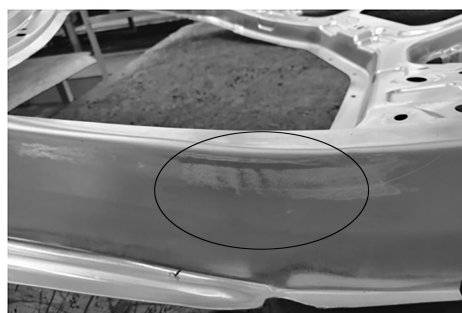


图11 零件的起皱缺陷区域

Fig. 11 Wrinkle defect area of part

计^[12], 同时考虑到该零件侧壁已经出现轻微起皱, 因此, 不能通过降低冲击力来解决问题。此外, 由图 12 可知, 该零件侧壁区域的安全裕度较高, 增大该处变形不存在开裂风险, 因此, 可尝试增大该区域的流料阻力。为精准控制、消除冲击线造成的质量问题, 基于材料冲击线评价试验, 可知冲击线凹痕最大深度是关于折弯圆角半径与拉伸应变的函数, 如式 (2) 所示。

基于式 (2) 可知, 当折弯圆角半径为 $R5\text{ mm}$ 时, 拉伸应变需达到 0.071, 才能保证冲击线形成的凹痕深度低于 $10\text{ }\mu\text{m}$, 即拉伸应变达到 7.1% 以上才能够避免冲击线问题的出现。如图 13 所示, 考虑到 DX54D+ZM 钢材料在该处的应变已达到 6.41%, 可通过增大该处应变来解决冲击线问题。

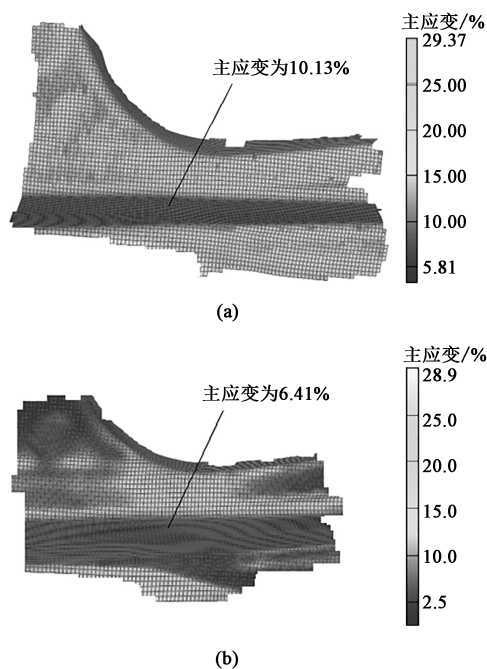


图 12 DX54D+Z 钢 (a) 和 DX54D+ZM 钢 (b) 的 FLD 对比结果

Fig. 12 Comparison results of FLD for DX54D+Z steel (a) and DX54D+ZM steel (b)

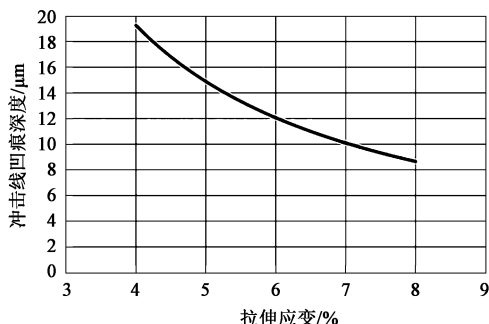


图 13 冲击线凹痕深度预测结果

Fig. 13 Prediction results of bent depth for impact line

基于冲击线控制理论可知,增大凹模圆角与板料接触区域应变能够降低冲击线凹痕深度及局部硬度梯度,进而解决冲击线质量问题,同时该方法也对解决起皱有利。综合考虑冲压工艺、材料性能及模具结构等对典型零件侧壁应变的影响规律,可通过提高压边力来提升该处的应变。基于冲击线凹痕深度预测结果,应变量提升至 7.1% 可实现冲击线凹痕深度低于 10 μm ,为确保批量稳定生产,增加 20% 安全裕度,因此,其最低应变量应由 6.41% 提高至 8.52%,应变相对增量为 33%。压边力与冲击线处的主应变呈线性影响关系,且压边力增大 16%,平均应变量增大 19%。基于此,增大 30% 冲击线一侧液压缸压边力后,冲击线与起皱缺陷一

并消失,此时材料流入量与 DX54D+Z 钢相近,如图 12b 所示。同时,进行了成形过程应变测试,结果如图 14 所示。

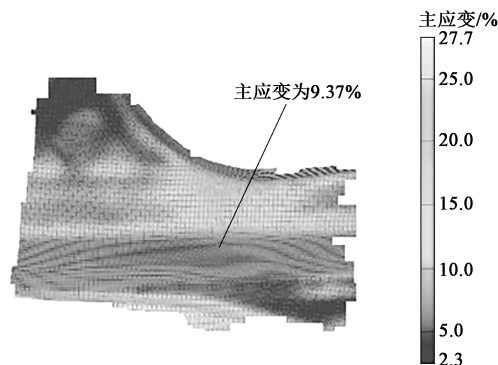


图 14 工艺调整后零件的 FLD

Fig. 14 FLD of part after process adjustment

由图 14 可知,工艺调整后凹模圆角与板料接触区域的主应变达到 9.37%,满足冲击线评价试验指标的要求,且具备足够的安全裕度。

4 结论

(1) 当拉伸应变相同时,即对模拟冲击线区域施加相同的变形量,随着折弯圆角半径的增大,模拟冲击线区域的凹痕深度逐渐降低;凹痕最大深度的变化趋势基本一致,均与拉伸应变呈现幂指数的变化关系,折弯圆角半径、拉伸应变(施加的变形量)为主要影响因素。

(2) 模拟冲击线区域最大硬度变化与拉伸应变(施加变形量)、折弯圆角半径直接相关,并呈现指数变化关系;当对模拟冲击线区域施加的变形量增大时,试样表面模拟冲击区域的最大硬度变化逐渐降低。

(3) 冲击线对涂装外观质量存在明显的负面影响,冲击线凹痕深度不超过 10 μm 时,能够达到消除冲击线对外观质量影响的目的,使得外观合格。

(4) 通过提高后背门内板成形过程的压边力来提升凹模圆角与板料接触区域的应变,冲击线与起皱缺陷一并消失;优化后该处的应变达到 9.37%,满足冲击线评价试验指标的要求,且具备足够的安全裕度,表明所提出的冲击线评价试验指标是可靠、有效的。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 杜秀芝, 赵姐, 许跃. 轿车侧围外板拉伸成形仿真分析与工艺优化 [J]. 蚌埠学院学报, 2023, 12 (2): 45-49.
- Du X Z, Zhao N, Xu Y. Simulation analysis and process optimization of car side wall outer panel drawing [J]. Journal of Bengbu University, 2023, 12 (2): 45-49.
- [3] 加尔肯白克·加沙来提, 温媛媛, 朱传敏. 汽车外覆盖件冲击线缺陷评判指标及其影响规律 [J]. 塑性工程学报, 2021, 28 (9): 19-27.
- Jiaerkenbaike Jiashalaiti, Wen Y Y, Zhu C M. Defect evaluation index and influence law of impact line of automobile exterior panels [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2021, 28 (9): 19-27.
- [4] 李月伟. 车身冲压件常见缺陷产生机理与调试方法 [J]. 汽车工艺师, 2017, (6): 49-51.
- Li Y W. Common defect generation mechanism and debugging method of body stamping parts [J]. Auto Manufacturing Engineer, 2017, (6): 49-51.
- [5] 祝林, 郑德兵. 基于 AutoForm 分析零件成形时冲击线的控制方法 [J]. 模具工业, 2018, 44 (12): 41-44.
- Zhu L, Zheng D B. AutoForm-based analysis on control method for impact line [J]. Die & Mould Industry, 2018, 44 (12): 41-44.
- [6] 陈萍, 谭文娟, 廖小刚, 等. 理论奥迪特在新车型开发中的应用 [J]. 锻造与冲压, 2020, (2): 31-34.
- Chen P, Tan W J, Liao X G, et al. The application of audit's theory in a new model developing [J]. Forging & Metalforming, 2020, (2): 31-34.
- [7] 王良芬, 许乔阳, 周东峰, 等. 浅谈侧围外板滑移线及冲击线的解决措施 [J]. 模具工业, 2017, 43 (8): 24-27.
- Wang L F, Xu Q Y, Zhou D F, et al. Discuss on solution of impact line and slip line for lateral outer panel [J]. Die & Mould Industry, 2017, 43 (8): 24-27.
- [8] 石强, 段升利, 赵超, 等. 某车型后盖外板滑移线及冲击线解决对策 [J]. 汽车工艺与材料, 2018, (1): 54-56.
- Shi Q, Duan S L, Zhao C, et al. Countermeasures for solving the sliding line and impact line of the rear cover outer panel of a certain vehicle model [J]. Automobile Technology & Material, 2018, (1): 54-56.
- [9] 杨静. 汽车涂装电泳漆膜厚影响因素分析及解决对策 [J]. 中国设备工程, 2023, (6): 269-271.
- Yang J. Analysis of factors affecting the thickness of electrophoretic paint film in automotive coatings and corresponding solutions [J]. China Plant Engineering, 2023, (6): 269-271.
- [10] 周林榛. 汽车涂装质量的影响因素及控制策略研究 [J]. 汽车实用技术, 2021, 46 (2): 156-157, 166.
- Zhou L Z. Study on influencing factors and control strategies of automobile coating quality [J]. Automobile Applied Technology, 2021, 46 (2): 156-157, 166.
- [11] 杨少臣, 赵建永, 马文涛. 翼子板表面质量缺陷影响因素及控制方法研究 [J]. 模具工业, 2023, 49 (9): 35-42.
- Yang S C, Zhao J Y, Ma W T. Study on influence factor and control method for surface defect of fender [J]. Die & Mould Industry, 2023, 49 (9): 35-42.
- [12] 丁文军, 井芊, 阮林凡. 某 SUV 尾门外板冲压工艺优化设计 [J]. 模具技术, 2020, (4): 38-42.
- Ding W J, Jing Q, Ruan L F. Optimization design of stamping process for the outer panel of an SUV tailgate [J]. Die and Mould Technology, 2020, (4): 38-42.

《锻压技术》杂志敬告新老广告客户

2024 年广告征集工作火热进行中。本刊主要承接锻造、冲压、旋压、辊锻、摆辗、斜轧、横轧和楔横轧设备及锻压辅助设备, 仪器、仪表、模具工业、工业加热设备、热处理设备、加热技术、摩擦与润滑、工艺材料和锻件、冲压件、管件及其特种成形件 (旋压、辊锻、摆辗、斜轧、横轧和楔横轧) 等广告; 各科研院所科技成果转让、企业介绍等与本行业相关的广告。您选择《锻压技术》进行广告宣传的理由:

(1) 平台大, 宣传效果好:

- 全国中文核心期刊, 全国锻压行业会刊, 是锻压领域知名、精品期刊;
- 与中国机械总院集团北京机电研究所有限公司、中国机械工程学会塑性工程分会、全国锻压标准化技术委员会密切合作;
- 报道内容全, 发行量大。

(2) 服务全, 广告费用低:

立体式全方位宣传, 杂志、网站和微信等纸媒和数字媒体宣传渠道。

请登录本刊网站, 点击“广告合作”查询具体广告价目。

为了使您的产品能够保持畅销的势头, 不断占领国内外市场, 请您抓紧时间安排贵公司在本刊刊登的广告计划。欢迎广大新老客户踊跃咨询、积极预定。需刊登广告者, 敬请与本刊联系。愿我们真诚的服务能为您创造良好的效益。

地址: 北京市海淀区学清路 18 号《锻压技术》编辑部 广告部 邮编: 100083

联系人: 林玉彤 手机: 18811346037 E-mail: fst_linyutong@163.com

电话: 010-62920652-804 Http: //www.fstjournal.net



锻压技术微信公众号



锻压技术网站