

基于 Dynaform 的新能源地库车顶盖冲压拉深内、外拉延筋间距的数字化设计技术

鲜小红¹, 杨 柳², 刘 欢², 陈 英³

(1. 四川职业技术学院 智能制造学院, 四川 遂宁 629000; 2. 四川江淮汽车有限公司, 四川 安居 629006;
3. 乐山职业技术学院 智能制造学院, 四川 乐山 614000)

摘要: 采用非线性有限元软件 Dynaform, 在相同的冲压工艺条件下, 对不同内、外拉延筋间距时新能源地库车 D6176 顶盖的冲压拉深过程进行了数值模拟, 并通过对成形极限图、厚薄变化云图、“光斑”大小及分布的研究, 最终确定该地库车顶盖冲压拉深的内、外拉延筋间距的合理范围为 20~40 mm, 其中 40 mm 为相对最优间距, 并通过了生产验证。同时研究发现, 在内、外拉延筋间距为 20~30 mm 时, “光斑”随间距的增大而增多; 内、外拉延筋间距为 30~40 mm 时, “光斑”随间距的增大而减少。在 20~40 mm 范围内, 最大“斑点”随内、外拉延筋间距的增大呈下降趋势, 且在 20~30 mm 范围内下降速率较大, 在 30~40mm 范围内下降速率较小。

关键词: 新能源地库车; 驾驶室顶盖; 冲压成形; 拉延筋; 光斑

DOI: 10.13330/j.issn.1000-3940.2023.06.008

中图分类号: TG386.3⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2023) 06-0050-11

Digital design technology for inner and outer drawbead spacing in stamping and drawing for roof cover of new energy underground parking garage vehicle based on Dynaform

Xian Xiaohong¹, Yang Liu², Liu Huan², Chen Ying³

(1. School of Intelligent Manufacturing, Sichuan Vocational and Technical College, Suining 629000, China;
2. Sichuan Jianghuai Automobile Co., Ltd., Anju 629006, China;
3. School of Intelligent Manufacturing, Leshan Vocational and Technical College, Leshan 614000, China)

Abstract: Using nonlinear finite element software Dynaform, under the same stamping process conditions, the stamping and drawing process of roof cover for new energy underground parking garage vehicle D6176 was numerically simulated with different inner and outer drawbead spacing, and through the study of forming limit diagram, cloud diagram of thickness change, and size and distribution of “light spots”, it was finally determined that the reasonable range of inner and outer drawbead spacing in the stamping and drawing for the roof cover of underground parking garage vehicle was 20–40 mm, of which 40 mm was the relatively optimal spacing. Then, the production verification was passed. And the study finds that when the inner and outer drawbead spacing is 20–30 mm, the “light spot” increases with the increasing of spacing, and when it is 30–40 mm, the “light spot” decreases with the increasing of spacing. In the range of 20–40 mm, the maximum “light spot” shows a downward trend with the increasing of the inner and outer drawbead spacing, and the decrease rate is relatively large within 20–30 mm, and the decrease rate is relatively small within 30–40 mm.

Key words: new energy underground parking garage vehicle; roof cover of cab; stamping; drawbead; light spot

在汽车覆盖件等大型冲压件的冲压拉深过程中,

拉延筋起着十分重要的作用。这是因为: 在拉深成形时, 坯料各部分的材料流动状态复杂且不均匀, 易产生起皱、裂纹、变形不充分等缺陷, 生产中通常采用拉延筋来改善材料的流动阻力, 从而提高零件的冲压拉深质量。实际生产经验表明: (1) 新能源地库车驾驶室顶盖在冲压拉深时一般应设置内、外两道拉延筋; (2) 拉延阻力不仅受拉延筋的形状、尺寸、摩擦条件、压边力等因素的影响, 而且

收稿日期: 2023-02-02; 修订日期: 2023-05-08

基金项目: 四川省科技计划项目 (2021YFG0220, 2015FZ0113);

四川省教育厅自然科学重点项目 (18ZA0430, 5ZA0347)

作者简介: 鲜小红 (1967-), 男, 学士, 教授

E-mail: 2682453521@qq.com

通信作者: 陈 英 (1967-), 女, 工程硕士, 教授

E-mail: 313274842@qq.com

与内、外拉伸筋的径向间距也有直接关系。这是因为从微观角度看: 当凸模逐渐进入凹模时, 在内、外拉伸筋之间的坯料必将通过内拉伸筋流入凹模, 由于内拉伸筋和拉伸槽对坯料的挤压以及坯料表面所受的摩擦力等因素的共同作用, 坯料中可流动金属质点必将流向其边缘, 在外拉伸筋处造成阻滞力而形成部分拉伸阻力; 当内、外拉伸筋间距增大时, 可流动金属质点相应增多, 经过外拉伸筋的金属质点的流动强度必将增大, 导致阻滞力和拉伸阻力也随之同步增大; 当内、外拉伸筋间距增大至一定值时, 由于内、外拉伸筋之间的坯料面积增大, 可流动金属质点的密集程度必将减小, 使得金属质点的流动强度也减小, 导致阻滞力和拉伸阻力也随之同步减小。因此, 合理的内、外拉伸筋间距也是保证冲压拉深件质量的重要因素^[1-4]。

本文以新能源地库车 D6176 为例, 研究了基于Dynaform的新能源地库车驾驶室顶盖冲压拉深内、外拉伸筋间距的数字化设计技术。

1 三维模型的建立

1.1 零件建模与冲压方向确定

1.1.1 零件建模

新能源地库车 D6176 在满足车身结构尺寸、流线型风格、时尚等方面的要求的同时, 还需满足强度、刚度等力学性能的要求, 其零件图如图1所示, 根据零件图建立地库车驾驶室顶盖零件的三维模型, 如图2所示。

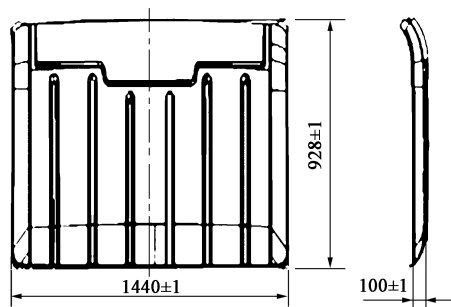


图1 驾驶室顶盖零件图

Fig. 1 Part drawing of cab roof cover

1.1.2 零件冲压方向确定

根据冲压拉深的工艺要求: (1) 冲压开始时, 凸模与坯料的作用力尽可能对称、均匀, 以防止坯料水平方向窜动; (2) 保证凸模能够顺利进入凹模, 凸模不能有负角, 模具的相对运动不能发生干涉; (3) 冲压拉深的深度尽可能浅, 底部各部分深

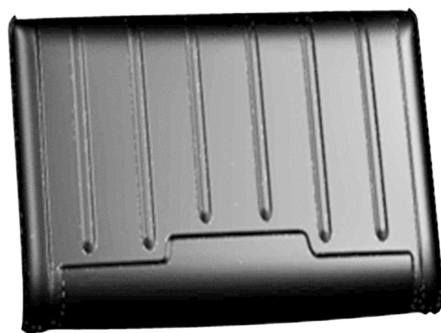


图2 驾驶室顶盖的三维模型

Fig. 2 3D model of cab roof cover

度应尽量一致。根据本产品的结构特点, 设计其冲压方向如图3所示^[3-5]。

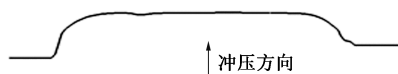


图3 冲压方向示意图

Fig. 3 Schematic diagram of stamping direction

1.2 拉伸件建模

1.2.1 工艺补充面设计

为了给驾驶室顶盖创造良好的拉深条件, 弥补制件冲压工艺性的不足, 制件应设置工艺补充面。新能源地库车 D6176 的驾驶室顶盖取消了天窗孔, 无内补充。在设计外补充时, 应充分考虑: (1) 拉深件修边尺寸和修边工艺的合理性; (2) 应有利于配制压料面; (3) 有利于定位和取件; (4) 有利于减少起皱。设计的新能源地库车 D6176 的驾驶室顶盖的工艺补充面如图4所示^[6-7]。

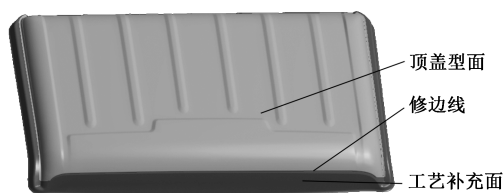


图4 驾驶室顶盖的工艺补充面

Fig. 4 Technological supplement surface of cab roof cover

1.2.2 压料面的设计

在坯料成形过程中, 坯料从压边圈下不断进入凹模, 从而完成制件的成形, 因此, 压料面的设计要有利于材料的流动和变形。在冲压生产中, 压料面设计应综合以下因素: (1) 形状尽量简单; (2) 尽量采用水平面作压料面; (3) 有利于降低拉伸件的深度且保持各部分深度一致; (4) 有利

于定位、送料、取件等操作。新能源地库车 D6176 的驾驶室顶盖拉延件模型如图 5 所示^[6-7]。

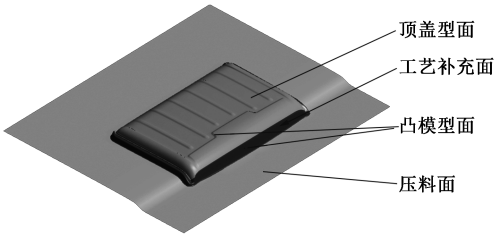


图 5 拉延件模型
Fig. 5 Model of drawing part

1.3 有限元模型的建立

将驾驶室顶盖拉延件的三维模型导入 Dynaform 中进行网格化后,通过“偏置”方式创建凹模和凸模,应用“零件层”的相关工具生成压边圈,并利用“前处理→曲面→扫掠曲面”功能,建立与压边圈结构形状相适应的坯料模型。该新能源地库车 D6176 的驾驶室顶盖采用厚度为 0.8 mm 的金属板材 DC04 钢,其力学性能如表 1 所示,定义坯料为 DC04-0.8 (36),数值模拟模型如图 6 所示^[4-8]。

表 1 DC04 钢金属板材的力学性能参数

Table 1 Mechanical property parameters of metal sheet for DC04 steel

| 参数 | 硬化指数 n | | | 厚向异性系数 R | | | 密度 ρ / ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) | 弹性模量 E/GPa | 泊松比 μ | 屈服强度 R_{eL}/MPa |
|----|----------|----------|----------|------------|----------|----------|--|------------------------|--------------|------------------------------------|
| | n_0 | n_{45} | n_{90} | R_0 | R_{45} | R_{90} | | | | |
| 数值 | 0.26 | 0.25 | 0.25 | 3.17 | 3.07 | 3.29 | 7.85 | 207 | 0.28 | 124.63 |

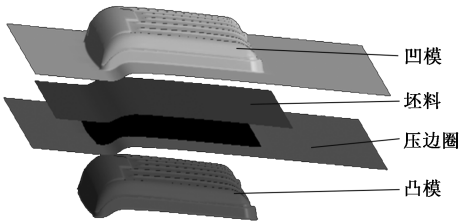


图 6 数值模拟模型
Fig. 6 Numerical simulation model

2 数值模拟试验

2.1 试验条件优化

2.1.1 确定压边力

恰当的压边力是保证零件成形质量的重要条件,根据压边力公式: $F=qA$ (其中, F 为压边力, N; q 为单位压边力, MPa; A 为压料面面积, mm^2), 查阅相关手册^[1]: 当软钢板的厚度 $t>0.5\text{ mm}$ 时, $q=2.0\sim 2.5\text{ MPa}$ 。在 Dynaform 平台中检测到新能源地库车 D6176 的驾驶室顶盖的压料面面积约为 1206672.3 mm^2 , 所以 $F=2413\sim 3620\text{ kN}$ 。根据同类产品的经验: 在保持其他条件相同的情况下, 分别以 2400、3000 和 3600 kN 作为压边力, 对新能源地库车 D6176 的驾驶室车顶盖的成形过程进行数值模拟, 得到成形极限图如图 7 所示。由图 7a 可知, 压边力为 2400 kN 时, 制件存在应变不稳定、变形不到位、皱纹等缺陷; 当压边力为 3000 kN 时, 节点的应变处于成形极限图的稳定区域, 如图 7b 所示; 当压边力为

3600 kN 时, 制件产生了拉裂现象, 拐角处出现了裂纹, 如图 7c 所示。因此, 可以最终确定压边力为 3000 kN。

2.1.2 确定冲压成形速度

冲压成形速度对板料成形质量的影响不可忽视。在保持其他条件相同且压边力为 3000 kN 的条件下, 参照类似产品的生产经验, 冲压成形速度 v 选择 4000 、 4500 和 $5000\text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, 对产品的冲压成形进行数值模拟。当冲压成形速度为 4000 和 $4500\text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, 制件某些节点的应变处于成形极限图的不稳定区域, 如图 8a 和图 8b 所示; 当成形速度为 $5000\text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 时, 制件节点的应变处于成形极限图的稳定区域, 如图 8c 所示。最终确定成形速度为 $5000\text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

2.1.3 确定摩擦因数

摩擦因数直接影响拉深力, 从而影响成形质量。在保持其他条件相同且压边力为 3000 kN、冲压成形速度为 $5000\text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 的条件下, 参照类似产品的经验, 将摩擦因数 f 分别设置为 0.090、0.100 和 0.125, 再进行模拟试验。结果表明: 当摩擦因数 $f=0.090$ 时, 制件出现成形不充分现象, 如图 9a 所示; 当摩擦因数 $f=0.100$ 时, 制件成形正常, 如图 9b 所示; 当摩擦因数 $f=0.125$ 时, 制件出现了拉裂现象, 如图 9c 所示。最终确定摩擦因数为 0.100。

2.1.4 拉延筋设置

(1) 偏置拉延筋中心线。参照类似产品生产经验: 外层设置 4 段不封闭的拉延筋, 内层设置封闭

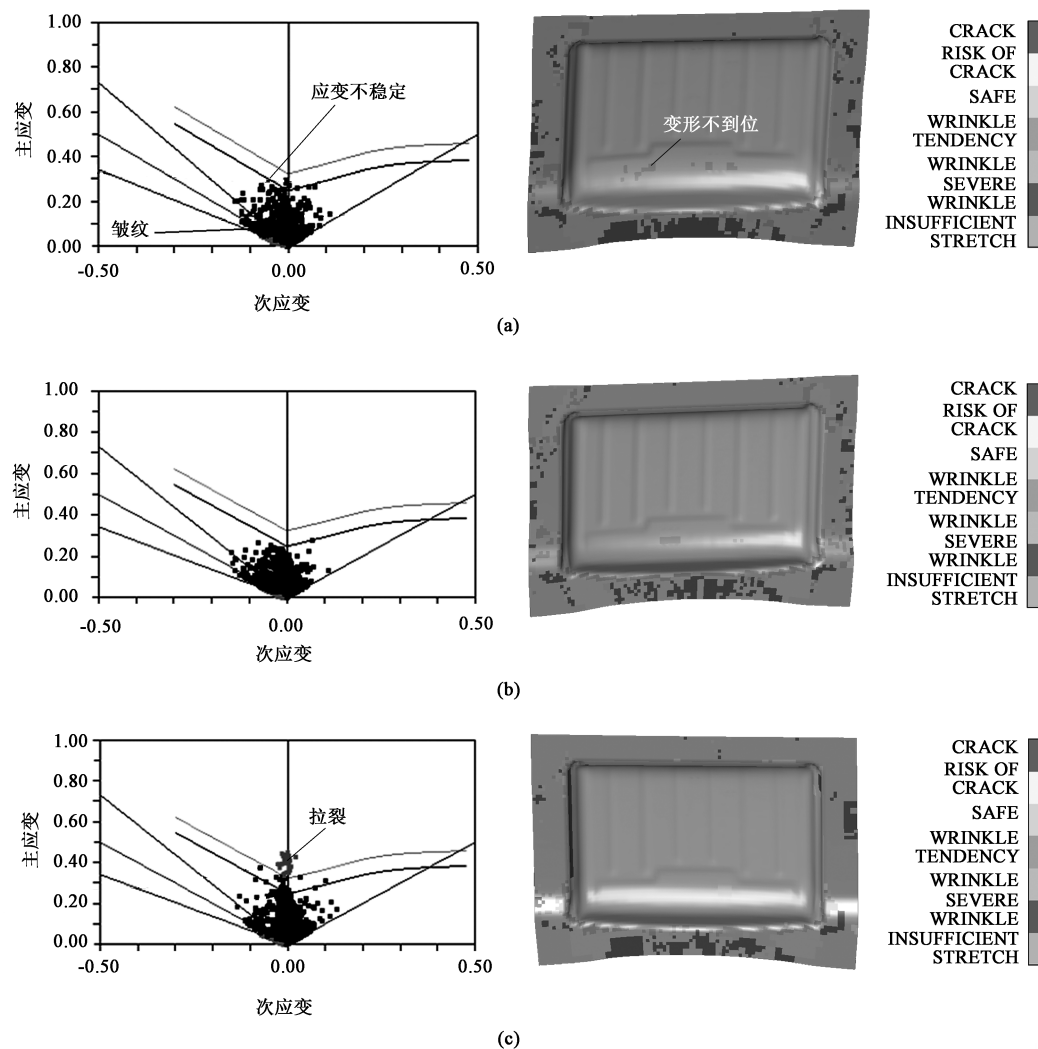


图7 不同压边力下的成形极限图

(a) $F=2400$ kN (b) $F=3000$ kN (c) $F=3600$ kN

Fig. 7 Forming limit diagrams under different blank holder forces

拉延筋。在 Dynaform 平台上利用“前处理”中的“截交线”创建分模线, 将分模线向外偏置 25 mm, 即为拉延内筋中心线的位置; 将拉延内筋中心线向外偏置 20 mm 并适当修剪, 即为首次拉延外筋中心线的位置。首次拉延筋布置如图 10 所示。

(2) 设置拉延筋。因为制件面积大, 网格划分尺寸不能过小, 所以, 采用等效拉延筋较为合理。①导入拉延筋, 将创建的拉延筋模型 (Igs 格式) 导入系统并命名; ②定义拉延筋, 点击“自动设置→板料成形→设置→等效拉延筋→添加→选择→用光标选择所需拉延筋→应用”, 并将拉延筋逐段定义; ③锁定拉延筋, 点击“选择→Binder→确定”, 将定义后的拉延筋锁定在压边圈上, 拉延筋分段模型如图 11 所示, 点击“修改”, 则可赋予拉延筋的属性; ④设置拉延筋锁死率, 借鉴类似产品的生产

经验并反复试验设置拉延筋的锁死率, 如表 2 所示。

(3) 优化拉延筋阻力值。在保持其他条件相同且冲压成形速度为 $5000 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 、摩擦因数为 0.100、压边力为 3000 kN 的条件下, 借鉴类似产品的生产经验, 分别取 400、600 和 800 N 作为拉延筋的阻力值进行试验。当拉延筋的阻力值为 400 N 时, 制件出现成形不充分, 如图 12a 所示; 当拉延筋的阻力值为 600 N 时, 制件成形正常, 如图 12b 所示; 当拉延筋的阻力值为 800 N 时, 制件出现拉裂现象, 如图 12c 所示。由此可确定拉延筋的阻力值为 600 N。

2.2 试验过程

内、外拉延筋之间的中心距 $L = \frac{\text{左槽宽}}{2} + \text{圆角半径左} + x + \text{圆角半径右} + \frac{\text{右槽宽}}{2}$, 其中 x 为相邻两拉延

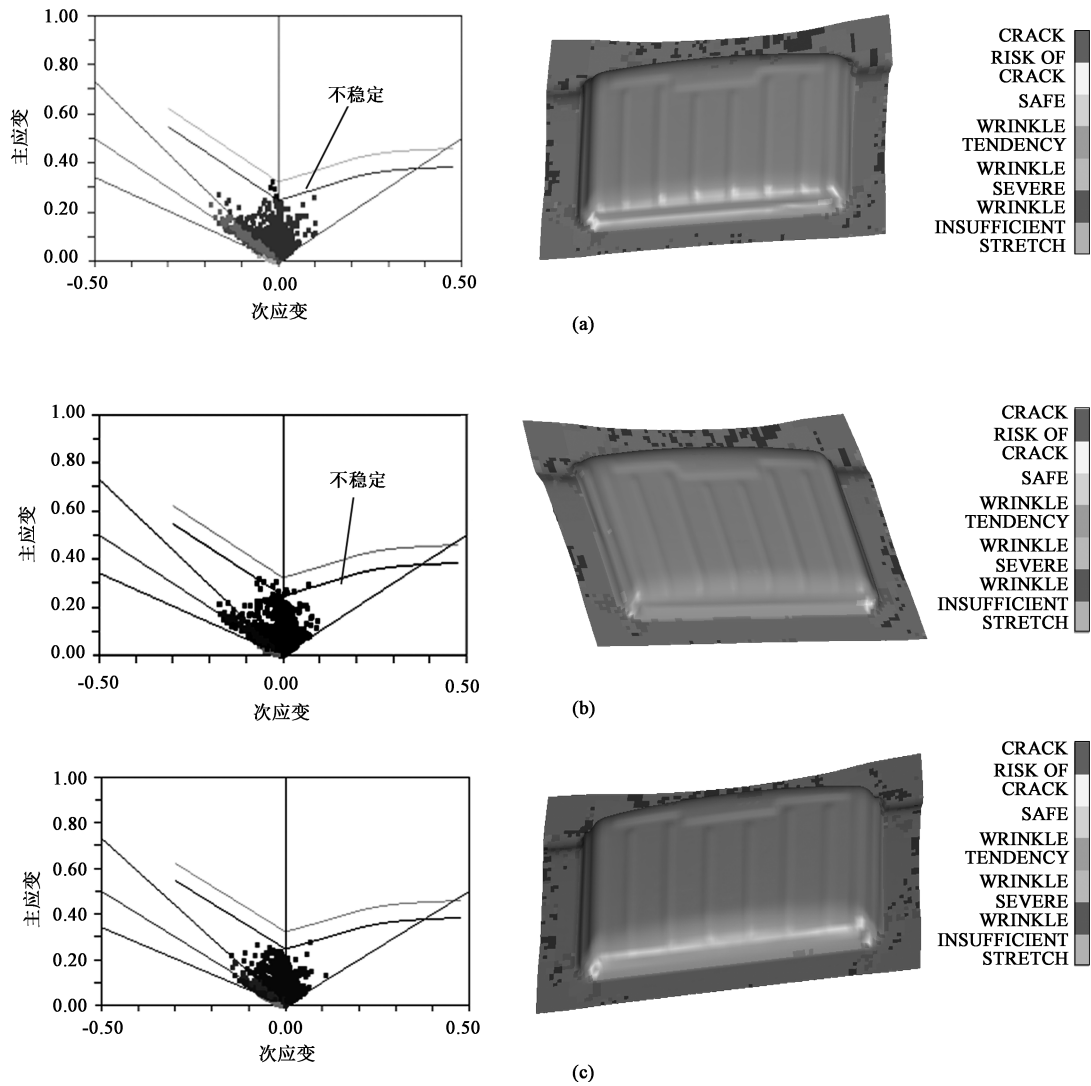


图 8 不同冲压成形速度下的成形极限图

(a) $v=4000 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ (b) $v=4500 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ (c) $v=5000 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$

Fig. 8 Forming limit diagrams under different stamping forming speeds

槽边缘之间的距离, 并且 $L=20+x$ 。当 $x=0$ 时, 间距最小, 为 20 mm, 如图 13 所示。通过“偏置”功能可改变拉伸外筋与拉伸内筋之间的径向距离, 因此, 设计试验方案如表 3 所示。其他冲压拉深工艺条件为: 冲压成形速度为 $5000 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, 摩擦因数为 0.100, 边力为 3000 kN, 拉伸筋阻力值为 600 N, 拉伸筋模型如图 11 所示, 拉伸筋锁死率如表 2 所示。通过数值模拟试验, 得到成形极限图如图 14 所示, 厚度减薄云图如图 15 所示^[8-10]。

2.3 结果分析

2.3.1 初选内、外拉伸筋间距

图 14 表明, 当采用表 3 中 1~4 组数据进行试验时, 制件无拉裂、起皱缺陷, 制件表面存在少量“光斑”, 这里的“光斑”是指拉伸成形不充分而在

产品表面留下的痕迹, 变形不充分对制件的刚度、回弹量等有不利影响。但在表 3 中 1~4 组试验数据中, “光斑”的最大占比约为 0.59% (“光斑”的最大面积为 8961.46 mm^2 , 制件的表面积为 $1.53075 \times 10^6 \text{ mm}^2$), 对零件的刚性和回弹的影响几乎可以忽略。当采用表 3 中第 5 组数据试验时, 制件出现拉裂现象, 因此, 第 5 组数据明显属于不合理数据。

2.3.2 细选内、外拉伸筋间距

根据图 15 建立了制件最小厚度和最大减薄率, 如表 4 所示。新能源地库车 D6176 的驾驶室顶盖必须保证应有的强度和刚度, 因此制件的减薄不能过多。根据经验, 制件的最大减薄率不应大于 20%。由表 4 可知, 第 4 组试验数据的制件最小厚度为 0.6320 mm、最大减薄率为 21.00%, 因此, 第 4 组试验数据属于不合理数据。

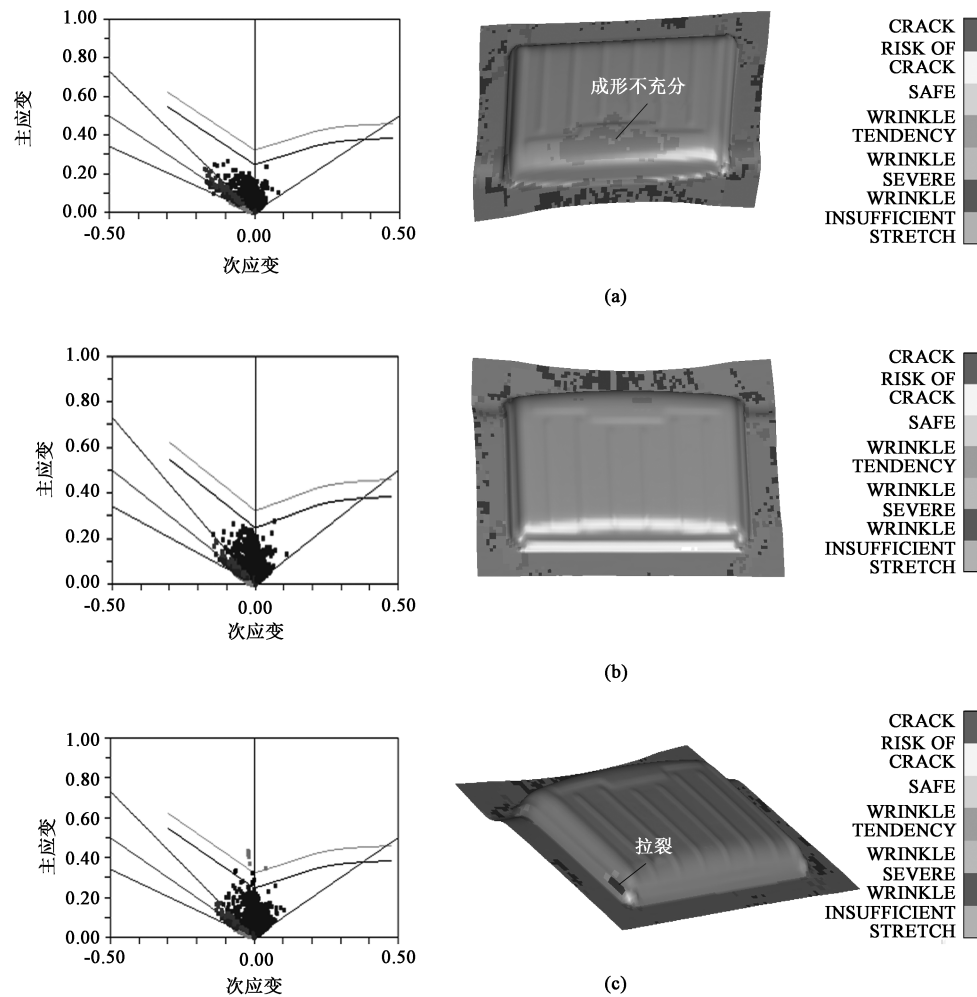


图 9 不同摩擦因数下的成形极限图
(a) $f=0.090$ (b) $f=0.100$ (c) $f=0.125$
Fig. 9 Forming limit diagrams under different friction factors

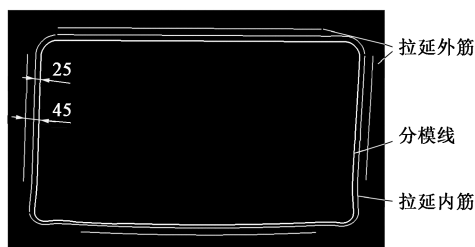


图 10 首次拉延筋布置图
Fig. 10 First space layout for drawbead

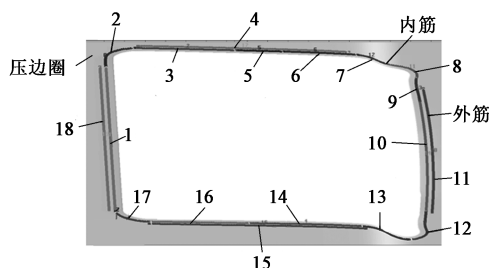


图 11 拉延筋分段模型
Fig. 11 Model of segment drawbead

表 2 拉延筋的锁死率

| Table 2 Lock rates of drawbead | | | | | |
|--------------------------------|-------|-----|-------|-----|-------|
| 拉延筋 | 锁死率/% | 拉延筋 | 锁死率/% | 拉延筋 | 锁死率/% |
| 1 | 32.5 | 2 | 13.0 | 3 | 25.0 |
| 4 | 10.0 | 5 | 18.8 | 6 | 18.8 |
| 7 | 6.3 | 8 | 13.0 | 9 | 6.3 |
| 10 | 7.0 | 11 | 10.0 | 12 | 7.0 |
| 13 | 6.3 | 14 | 18.8 | 15 | 10.0 |
| 16 | 25.0 | 17 | 13.0 | 18 | 30.0 |

2.3.3 精选内、外拉延筋间距

虽然第 1~3 组试验数据中制件的“光斑”面积最大占比约为 0.59%，对零件的刚性和回弹的影响几乎可以忽略，但产品表面的不美观也一定会影响其市场竞争力，作为靠订单制造产品的外协企业，

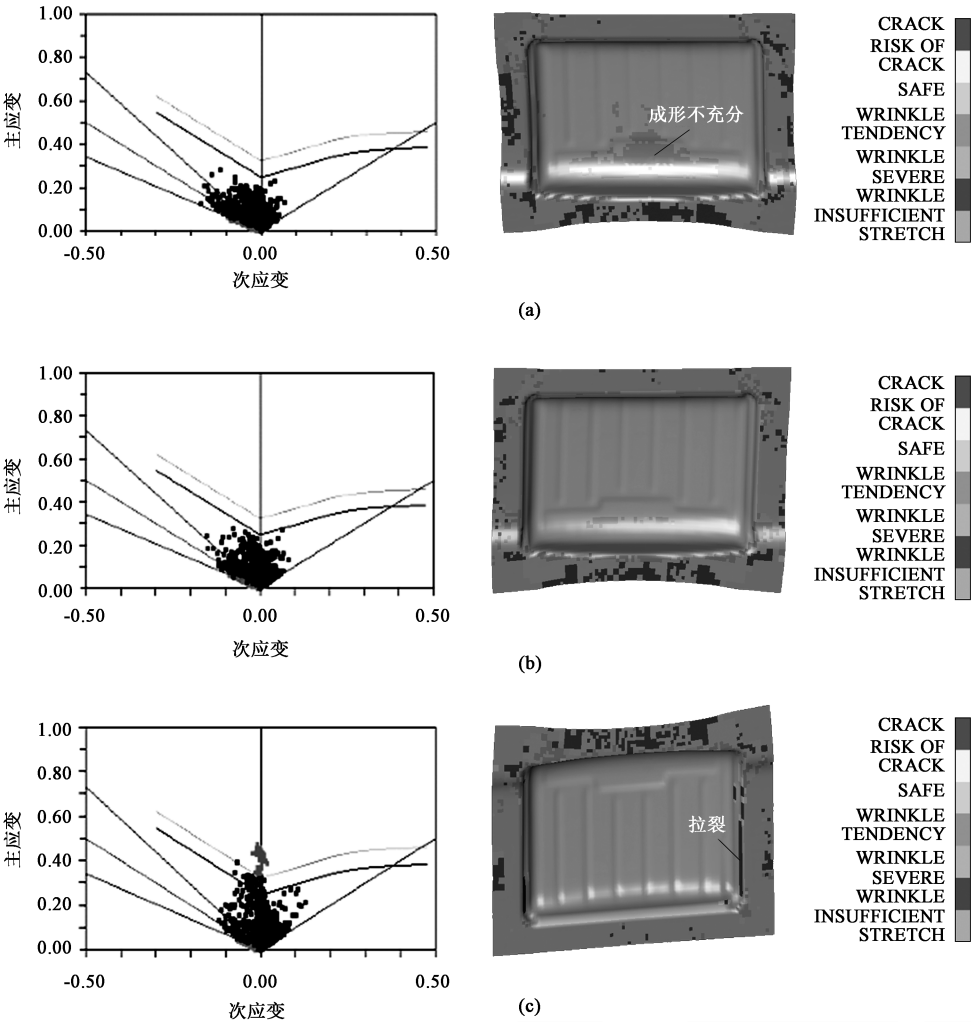


图 12 不同拉延筋阻力值下的成形极限图
(a) 400 N (b) 600 N (c) 800 N

Fig. 12 Forming limit diagrams under different drawbead resistance values

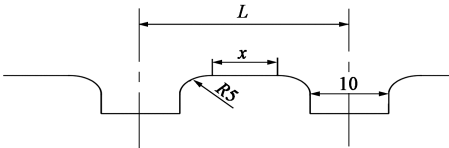


图 13 拉延槽断面图

Fig. 13 Sectional view of drawing groove

表 3 冲压拉深试验方案

Table 3 Test schemes of stamping and drawing

| 组别 | 内、外拉延筋间距/mm |
|----|-------------|
| 1 | 20 |
| 2 | 30 |
| 3 | 40 |
| 4 | 41 |
| 5 | 42 |

“光斑”的存在还是不利的。市场经验表明：制件在无拉裂、起皱的前提下，“光斑”的面积越小，“光斑”中的最大“斑点”越小，越受用户青睐。将表 3 中 1~3 组试验数据的“光斑”状况进行检测、统计，建立表 5。根据表 5 绘制了“光斑”总面积变化曲线（图 16）以及最大“斑点”面积变化曲线（图 17）^[11-12]。根据表 5、图 16 和图 17 可以得出以下结论。

（1）第 3 组试验数据的“光斑”总面积最小；“光斑”中最大“斑点”的面积也最小。由此推断，第 3 组试验数据是相对最优的数据。

（2）内、外拉延筋间距在 20~30 mm 范围内时，随着内、外拉延筋间距的增大，“光斑”面积逐步增大；在 30~40 mm 范围内时，随着内、外拉延筋间距的增大，“光斑”面积逐步减小。

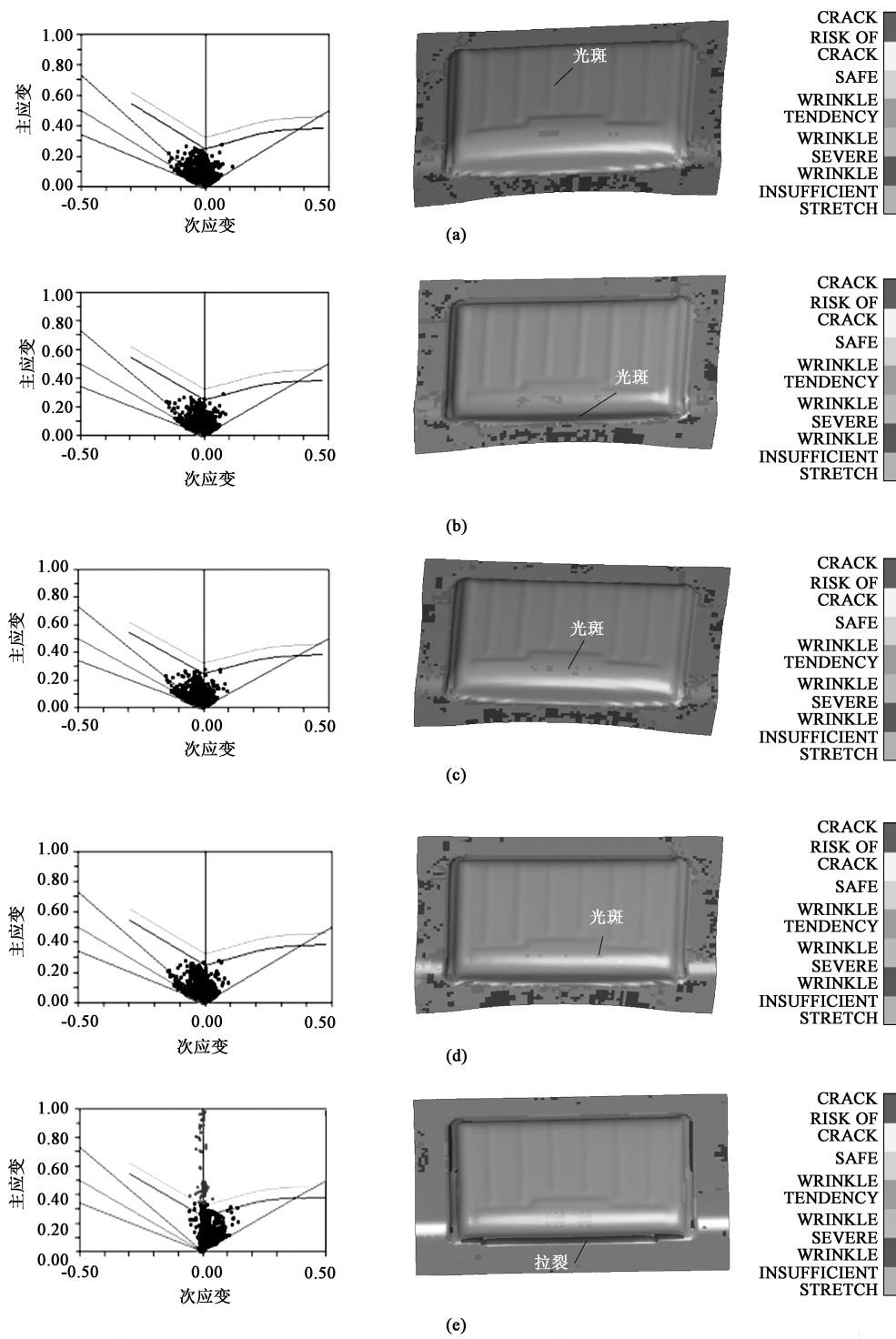


图 14 不同内、外拉延筋间距下的成形极限图
(a) 20 mm (b) 30 mm (c) 40 mm (d) 41 mm (e) 42 mm
Fig. 14 Forming limit diagrams under different inner and outer drawbead spacing

(3) 内、外拉延筋间距在 20~40 mm 范围内时，随着内、外拉延筋间距的增大，最大“斑点”的面积一致呈下降趋势，在 20~30 mm 范围内时下降速度较快，在 30~40 mm 范围内时下降速度较慢。综上所述，在该试验工艺参数下，内、外拉延

筋间距对新能源地库车 D6176 的驾驶室顶盖的冲压成形质量影响规律如下：

(1) 新能源地库车 D6176 的驾驶室顶盖在冲压拉深时，其内、外拉延筋间距的合理范围为 20~40 mm；



(a)



(b)



(c)



(d)

图 15 不同内、外拉延筋间距下的厚度减薄云图

(a) 20 mm (b) 30 mm (c) 40 mm (d) 41 mm

Fig. 15 Cloud maps of thickness thinning under different inner and outer drawbead spacing

(2) 内、外拉延筋间距为 40 mm，是相对最优的工艺参数；

(3) 内、外拉延筋间距在 20~30 mm 范围内时，

表 4 制件的最小厚度和最大减薄率

Table 4 Minimum thickness and maximum thinning rates of parts

| 组别 | 最小厚度/mm | 最大减薄率/% |
|----|---------|---------|
| 1 | 0. 6567 | 17. 91 |
| 2 | 0. 6440 | 19. 50 |
| 3 | 0. 6463 | 19. 22 |
| 4 | 0. 6320 | 21. 00 |

表 5 “光斑” 面积统计

Table 5 Statistics of “light spot” area

| 组别 | 内、外拉延筋间距/mm | “光斑” 总面积/ mm ² | 最大“斑点” 面积/ mm ² |
|----|-------------|------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 20 | 5711. 88 | 4898. 14 |
| 2 | 30 | 8961. 46 | 1636. 73 |
| 3 | 40 | 4375. 35 | 1625. 32 |

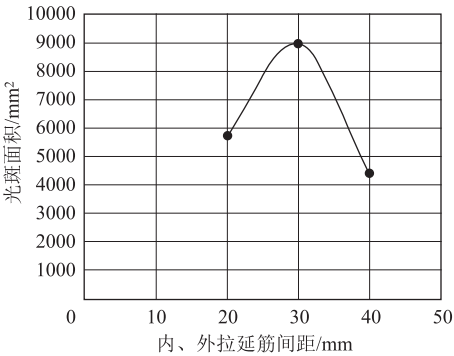


图 16 光斑面积变化曲线

Fig. 16 Variation curve of light spot area

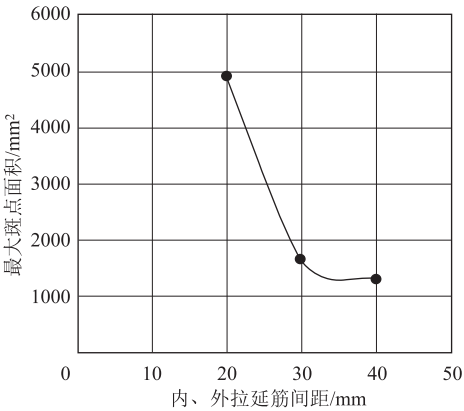


图 17 最大斑点面积变化曲线

Fig. 17 Variation curve of maximum spot area

随着内、外拉延筋间距的增大，“光斑” 面积逐步增大；

(4) 内、外拉延筋间距在 30~40 mm 范围内

时，随着内、外拉延筋间距的增大，“光斑”面积逐步减少；

（5）内、外拉延筋间距在 20~40 mm 范围内时，随着内、外拉延筋间距的增大，“光斑”中最大“斑点”的面积一致呈下降趋势，其中间距在 20~30 mm 范围内时，下降速率较快，在 30~40mm 范围内时下降速率较慢。

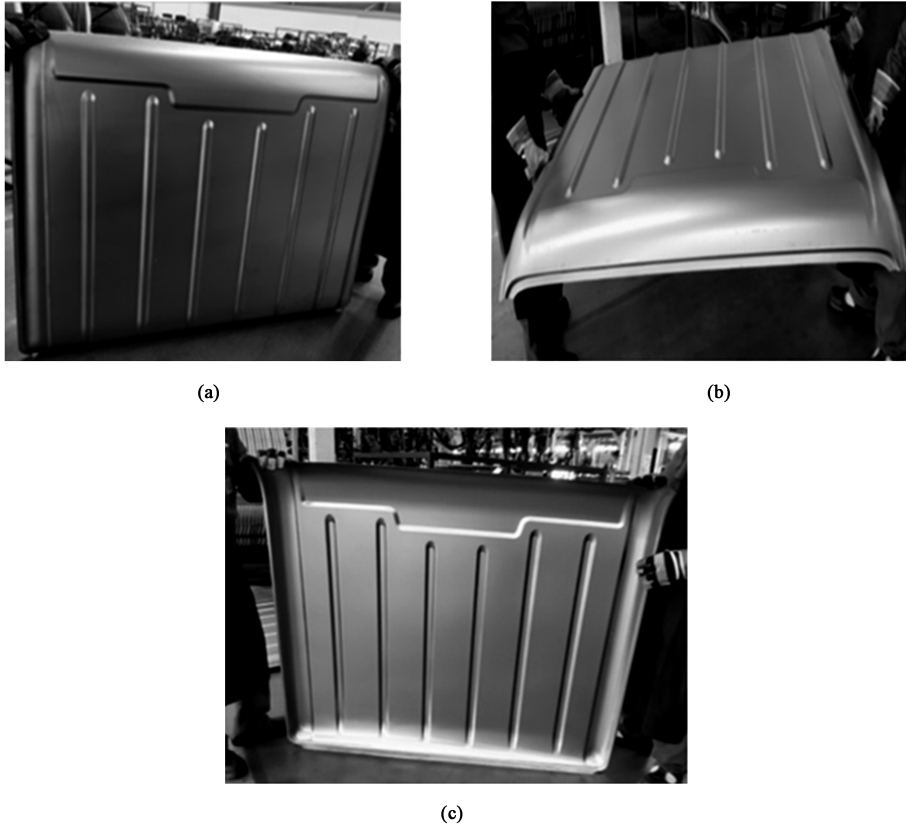


图 18 实际生产的产品
(a) 前端面 (b) 后端面 (c) 内表面
Fig. 18 Product obtained in actual production
(a) Front face (b) End face (c) Inner surface

4 结论

（1）在合理设置拉延筋位置和拉延筋锁死率的同时，保持拉延筋阻力值为 600 N、坯料与模具摩擦因数为 0.1、冲压成形速度为 5000 mm·s⁻¹、压边力为 3000 kN 的冲压拉深优化条件，得到新能源地库车 D6176 驾驶室顶盖的内、外拉延筋间距的合理范围为 20~40 mm。

（2）在优化的冲压拉深条件下，新能源地库车 D6176 驾驶室顶盖的内、外拉延筋间距相对最为理想的值为 40 mm。

（3）内、外拉延筋间距在 20~30 mm 范围内时，

3 生产验证

按照优化后的工艺参数设计制造模具，冲压拉深工艺参数如表 4 所示，拉延筋设置如图 11 和表 2 所示，内、外拉延筋间距选择 40 mm，冲压拉深新能源地库车 D6176 的驾驶室顶盖，采用合理的工艺切割修边即得到合格的产品，如图 18 所示。

随着内、外筋间距的增大，“光斑”总面积逐步增大。

（4）内、外拉延筋间距在 30~40 mm 范围内时，随着内、外拉延筋间距的增大，“光斑”总面积逐步减小。

（5）内、外拉延筋间距在 20~40 mm 范围内时，随着间距的增大，“光斑”中最大“斑点”的面积一致呈下降趋势，其中间距在 20~30 mm 范围内时下降速率较快，间距在 30~40 mm 范围内时下降速率较慢。

参考文献：

[1] 刘建超，张宝忠. 冲压模具设计与制造 [M]. 北京：高等教育出版社，2010.
Liu J C, Zhang B Z. Stamping Die Design and Manufacture [M].

- Beijing: Higher Education Press, 2010.
- [2] 王秀凤, 郎利辉. 板料成形 CAE 设计及应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010.
Wang X F, Lang L H. Sheet Metal Forming CAE Design and Application [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2010.
- [3] 崔柏伟. 冲压 CAE 技术应用 [M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2014.
Cui B W. Application of Stamping CAE Technology [M]. Dalian: Dalian University of Technology Press, 2014.
- [4] 薛峰, 安治国, 董伊康, 等. 汽车用 IF 钢 DC04 成形极限及拉延成形分析 [J]. 热加工工艺, 2020, 49 (5): 114-116.
Xue F, An Z G, Dong Y K, et al. Forming limit and drawing forming analysis of automotive IF steel DC04 [J]. Hot Working Technology, 2020, 49 (5): 114-116.
- [5] 李维钺, 李军. 中外金属材料牌号和化学成分对照手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
Li W Y, Li J. The Chinese and Foreign Brand Metal Materials and Chemical Composition Control Handbook [M]. Beijing: China Machine Press, 2011.
- [6] 邓富敏. 筒形件拉深时壁厚变化规律的研究 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2014.
Deng F M. Research of the Wall Thickness Changing Law of Deep-Drawn Cylindrical Parts [D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2014.
- [7] 鲜小红, 张定路, 陈英, 等. 基于 Dynaform 的新能源地库车顶盖冲压成形工艺有限元分析 [J]. 锻压技术, 2022, 47 (12): 45-55.
Xian X H, Zhang D L, Chen Y, et al. Finite element analysis on stamping process for cab roof of new energy underground depot vehicle based on Dynaform [J]. Forging & Stamping Technology, 2022, 47 (12): 45-55.
- [8] 潘爱琼, 张辉. 汽车尾灯支架单点渐进成形工艺参数多目标优化 [J]. 塑性工程学报, 2020, 27 (9): 87-93.
Pan A Q, Zhang H. Multi-objective optimization of single point incremental forming process parameters for automobile tail lamp bracket [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2020, 27 (9): 87-93.
- [9] 王筱冬. 工艺参数对拉深件壁厚变化的影响研究 [J]. 榆林学院学报, 2015, 25 (2): 8-11.
Wang X D. Process parameters on the study on the influence of wall thickness change deep drawing [J]. Journal of Yulin University, 2015, 25 (2): 8-11.
- [10] 肖亮, 柳建安. 基于 DYNIFORM 的圆筒件拉深压边力数值模拟 [J]. 机床与液压, 2009, 37 (5): 170-172.
Xiao L, Liu J A. Numeral simulation of cylindrical parts deep-drawing blank-holding force based on DYNIFORM [J]. Machine Tool & Hydraulics, 2009, 37 (5): 170-172.
- [11] 付世强. 电解铝液直接铸轧生产瓶盖用 8011-H16 铝合金板工艺研究 [J]. 轻合金加工技术, 2014, 42 (8): 33-37.
Fu S Q. 8011-H16 Al-alloy plate technical research on roll-cast covers of electrolytic liquid aluminium [J]. Light Alloy Processing Technology, 2014, 42 (8): 33-37.
- [12] 初丛海. 用 8011 和 1100 合金铸轧坯生产的 H22 状态空调箔的性能差异 [J]. 轻合金加工技术, 2004, 32 (9): 26-27.
Chu C H. Properties differences of 8011-H22 and 1100-H22 aluminum alloy foils used for air-conditioner [J]. Light Alloy Fabrication Technology, 2004, 32 (9): 26-27.

欢迎订阅《锻压技术》杂志 (月刊)

国内外公开发行, 全国各地邮局均可订阅, 逾期未订上者可与编辑部联系邮购

《锻压技术》杂志 1958 年创刊, 中国机械工业联合会主管、中国机械总院集团北京机电研究所有限公司和中国机械工程学会塑性工程分会主办。本刊是全国锻压行业会刊, 全国中文核心期刊, 被国内外多个著名检索系统收录。突出技术内容, 注重技术和信息相结合, 全面反映锻压行业的技术进步和发展趋势。

主要栏目: 综述、锻造、板料成形、管材成形、挤压与拉拔、轧制、特种成形、装备与成套技术、模具、摩擦与润滑、加热与热处理、测试技术、节能技术、材料与成形性能、理论与实验研究、计算机应用、技术交流、标准化、行业信息等。

读者对象: 大专院校的师生, 金属塑性成形 (锻压) 领域的科研、设计、生产部门的工程技术人员以及中等以上文化程度的工人等。

本刊为月刊, 每月 25 日出版, 大 16 开本, 256 页。统一刊号: CN11-1942/TG。邮发代号: 2-322。

(一) 购买期刊: ● 每册定价: 25.00 元; ● 年定价: 300.00 元。

(二) 购买合订本: ● 1991-2011 年合订本 (每本包含全年 1-6 期杂志): 110 元/本;

● 2012-2013 年合订本 (每本包含全年 1-6 期杂志): 140 元/本;

● 2014-2018 年合订本 (上册) (包含上半年 1-6 期杂志)、2014-2018 年合订本 (下册) (包含下半年 7-12 期杂志): 180 元/本。

直接通过编辑部订阅者, 请与杂志发行部负责人林玉彤联系。并按编辑部地址汇款, 款到后我们会定期寄给您刊物。

邮局汇款信息:

地址: 北京市海淀区学清路 18 号北京机电研究所有限公司 709 室

收款人: 《锻压技术》编辑部

联系人: 林玉彤 电话: 010-62920652-804

邮编: 100083

附言处: 请注明“订阅《锻压技术》”

E-mail: fst_linyutong@163.com

《锻压技术》编辑部