

关于冲压工艺设计审查的探讨

李剑夫, 贾志文, 袁世军

浙江零跑科技股份有限公司 浙江杭州 310000

摘要: 通过对冲压工艺设计审查的探讨, 结合生产需求, 介绍了冲压仿真分析及DL图样在审查时需要关注的主要内容, 以及重点参数, 其中包括仿真分析的结果及DL图的检查, 包含冲压方向、定位方式、材料利用率及废料刀布置等内容, 并通过实例简述冲压工艺审查过程中可能出现的问题点及整改措施, 有效提高工作人员在进行冲压工艺审查的准确性及作业效率。

关键词: 冲压工艺审查; 仿真模拟检查; DL图; 材料利用率

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.08.011

冲压工艺设计审查, 是指在设计阶段, 对产品进行的冲压工艺可行性验证。审查主要内容为对产品CAE模拟分析过程及结果确认, 以及对于模具DL图 (Die Layout, 模具工具图) 的设计质量检查。在当前的制造业环境中, 随着市场竞争的加剧, 产品更新换代速度的加快, 冲压工艺开发也面临着缩短周期、降低成本的双重压力。因此, 对零件开发过程中的冲压工艺设计审查环节进行深入研究, 优化审查流程, 提高审查的效率和质量, 对于提升汽车企业的核心竞争力具有重要的现实意义。

冲压工艺设计审查内容

冲压工艺设计, 即运用CAE仿真分析软件 (如AUTOFORM、DYNAFORM等), 确认产品的冲压方向、成形性、工序规划和材料利用率, 以及减薄、起皱、回弹等质量缺陷的风险, 选出最为合理的冲压工艺方案, 依据仿真分析的结果, 绘制模具DL图, 从而

指导模具的结构设计和制造。通常冲压工艺审查包含以下内容。

1. 分析检查 (以AUTOFORM为例)

(1) 工艺数模检查 工艺数模需包含完整的工艺补充及防缺陷工艺特征、板料轮廓、定位、拉延筋、修边线、翻整工艺面、冲压方向及坐标变换参数、材料参数、压边力与成形力、材料利用率和工具体行程等。

(2) 产品成形过程检查 拉延过程需从凹模接触板料、初始压边、凸模触料、下死点及距离下死点不同距离的阶段进行确认, 成形整个过程应平稳, 无剧烈起皱、蹿动, 且距离下死点3mm前无起皱。

(3) 迭代收敛 回弹计算的迭代需在标准步数内收敛, 若不收敛, 需检查是否存在开裂、起皱、小圆角或模具刺穿等问题, 若排除后仍不收敛, 可增加计算精度、最大迭代次数、减少最大时间步长以及增加

最大回弹迭代次数。

(4) 变薄率检查 最大变薄率以产品牌号和料厚确定，而且不同的企业标准不一，通常情况下，最大变薄率内板为0.25，高强板或者外板为0.2，工艺补充面为0.3，具体见表1。

表1 钢板件CAE最大变薄率许可（单位：%）

碳钢种类	低碳钢	烘烤硬化钢	无间隙原子钢	低合金高强度钢	双相钢
材料厚度/mm	0.6	23	20	18	15
	0.65	23	22	18	15
	0.7	23	21	18	16
	0.8	23	21	18	16
	1.0	23	22	18	16
	1.2	23	22	18	16
	1.4	23	22	18	16
	1.5	23	23	19	17
	1.6	23	23	19	17
	1.8	23	23	19	17
	2.0	25	25	20	18

- (5) 破裂检查 最大线性失效一般不超过0.8。
- (6) 塑性应变 结合FLD（成形极限图）及延伸率分析，主应变若小于0.03，需检查次应变是否为正，为正则板件处于胀形状态，回弹几率小；外板要求次应变大于0，大平面区域次应变越大越好，以保证塑性变形充分。
- (7) 变厚区域 可接受变厚小于等于1%，厚向应变区域需重点检查，起皱风险较大。
- (8) 滑移线、冲击线检查 主要针对外板件，产品可见区域内无滑移线及冲击线，在圆角大于14倍料厚区域，根据具体情况可忽略滑移线，滑移线范围必须在圆角内。
- (9) 成形力 查看各工序的成形力，确保在设备允许范围内。

2.模具DL图审查

(1) 工序加工内容与衔接关系 DL图应该详细展示模具的各个工序，包括拉延、切边、翻边及整形等，并明确各工序之间的衔接关系。

(2) 冲压方向与送料方向 冲压方向和送料方向的选择应考虑材料的流动性和模具的结构强度。合理的冲压方向可以减少材料的拉伸应力，提高模具的使用寿命。DL图需要明确标注冲压方向和送料方向，这对于模具的加工和调试至关重要。

(3) 基准点、基准面及零件坐标位置 DL图标注基准点、基准面及零件坐标位置，以便为模具的加工和测量提供参考。

(4) 工艺编排合理性检查 工艺编排是模具DL图的核心内容之一，其合理性直接影响模具的加工效率和产品质量。合理的工序顺序应符合冲压工艺的逻辑顺序，确保每个工序的加工内容能够顺利衔接。比如拉延工序通常应安排在冲压工艺的起始位置，以确保板材的初步成形。

(5) 工序数量的合理性 工序数量应根据产品的复杂程度和精度要求进行合理安排。过多的工序会增加模具的复杂性和生产成本，而且工序多，对于模具后续调试生产，也会造成较大影响，而过少的工序可能导致产品质量问题。

(6) 材料利用率 在DL图审核中，也应标注材料利用率的具体数值，同时需要对材料的排样进行检查确认；排样设计应考虑冲压方向和送料方向，确保材料的合理利用。

(7) 废料刀布置的合理性 废料刀的布置应确保废料能够顺利排出，避免废料堆积影响冲压效率。同时，废料刀的设计应尽量减少对材料的浪费。

(8) 修边、冲孔角度的检查 一般情况下，为了减少工序数量，会合并一些不同角度的修边及冲孔工作内容，如果修边及冲孔的夹角过大，会在生产过程中产生大量毛刺，影响产品质量，所以对于修边及冲孔角度的检查也尤为重要。完整的DL图，还应该具有模具结构设计的所有需求信息，同时能够指导模具的生产，详见表2。

冲压工艺审查案例

1.CAE仿真模拟成形过程审查确认

如图1所示，在审查时发现，图中红圈位置产品设计有凹槽，为缓解下翻过程中，材料堆积造成叠料问题，工艺方案制定为先成形再翻边，但实际效果仍存

表2 DL图包含信息

	检查内容
DL图	顶杆布局及顶起高度
	模具闭合高度
	端拾器吸盘布局
	各副模具的电气路布置是否合理
	指示材质及料厚
	C/H孔位置设计是否合理（须考虑冲压角度和距特征线的距高）
	标注工序名称、模具号、冲压生产线及压机能力
	标注坯料尺寸（制作料片排样图）
	拉伸、整形到底标记布置是否合理
	拉伸筋详图
	上模初始接触料片时的坯料位置
	标示拉伸成形后的理论值料片边界位置
	有无刺破刀位置与行程是否表达
	填写标题栏数模变更记录（明确标记设计开始阶段的数模版本）
	计算材料利用率（填写材料利用率表格）
	制作废料刀分布图
	废料刀分布正侧交刀图
	确认废料尺寸（≤500mm）
	指示整形模的分模线
	指示回弹补偿

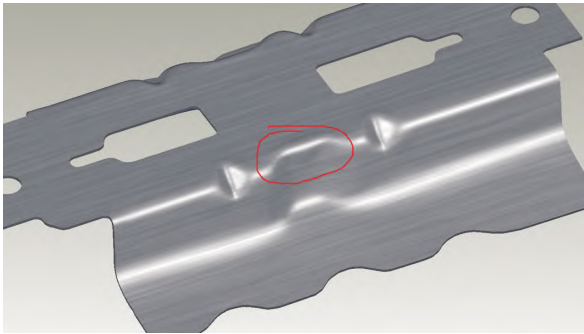


图1 座椅安装后横梁连接板成形过程

在有明显走料不顺的现象。通过评审确认，第一序压料成形高度较浅，材料没有充分成形，致使翻边时有叠料情况的发生。对工艺方案进行优化，将第一序成

形高度做深5mm后，再进行翻边，效果有所好转（见图2）。故在工艺审查中，尤其要关注产品过程中的起皱、叠料等现象，以免造成最终产品表面出现印痕、增厚的缺陷，影响产品交付。

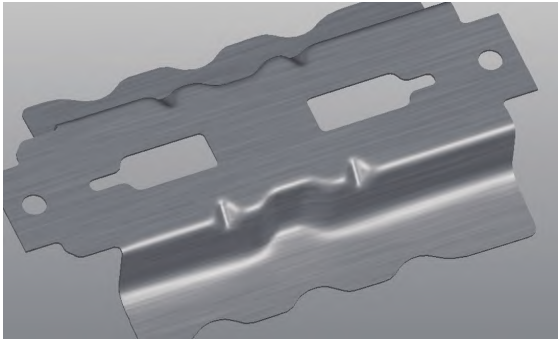


图2 座椅安装后横梁连接板优化后过程

2. 冲压工序规划确认

前门防撞梁后加强板如图3所示，由于零件表面孔数较多，故初版工艺方案为落料成形、整形、两序冲孔。工艺审查时发现，产品尺寸较小且相对简单，成形高度较低，工序数量有压缩空间，对GD&T图样确认，图示红圈中的孔为产品减重孔，冲孔精度按未注公差进行要求，故把这些冲孔调整在落料工序，可减少一序冲孔工序，实现模具的开发降本。

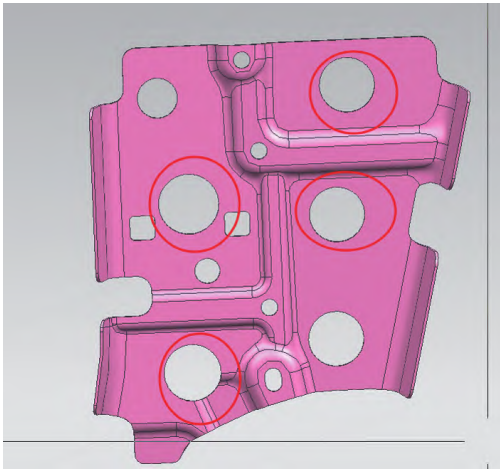


图3 前门防撞梁后加强板

3. 材料利用率确认

座椅横梁如图4所示，产品两侧端头下沉，且侧壁高度不一致，高侧为80mm，低侧为58mm，若采用成形工艺，即使使用二次成形，两侧端头在过程中叠料也非常严重（见图5），工艺无法实现，故初版工艺设

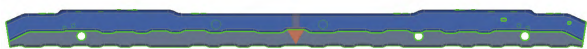


图4 座椅横梁

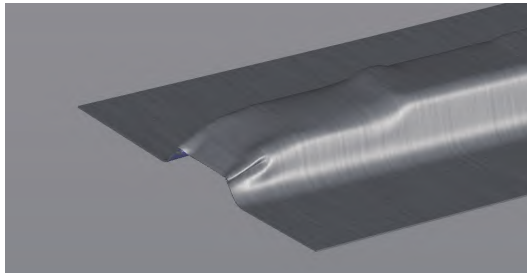


图5 座椅横梁成形过程

计为浅拉伸，修边后再进行翻边、整形、冲孔等工作内容，共计6序完成产品的整个成形过程。

经工艺审查发现，采用上述方案，材料利用率较低仅为60%，无法达成既定目标。为提升利用率，修改拉延工艺，采用压料成形，同时在两侧端头增加工艺补充，并在废料区域设置凹筋，以保障材料在成形过程中消除起皱问题。优化修改后，工序仍为6序，两侧端头无叠料问题，材料利用率提升至83%。

4.产品质量风险确认

CAE分析过程中，未按照标准要求，对最大减薄进行确认，在工艺审查中发现座椅安装纵梁有两处减薄超差。经仿真分析参数检查，制定两项调整优化对策，首先在零件成形满足条件下，降低该处拉延筋系数；之后保证产品在设计公差范围内降低超差凸包R角。

5.修边检查

前门防撞梁后加强板DL图切边布置如图6所示，由于料片接近方料，采用落料排样，材料利用率也无法提升，故工艺方案排布为落料切边、成形、修边及冲孔，但在评审中发现，切边布局不合理，未考虑废料排料问题。制定优化分刀调整，在料片端头留出废料缺口，利用后工序进行精修边，既能解决废料排料问题，也可以为自动化生产留出机械手抓件位置，同时该处修边尺寸精度也得到较好的保障。

A柱上铰链加强板如图7所示，通过工艺审查发现，修边工序，采用全周修边，但对于废料刀的排布过于随意，废料尺寸大小不一，且废料造型复杂，而

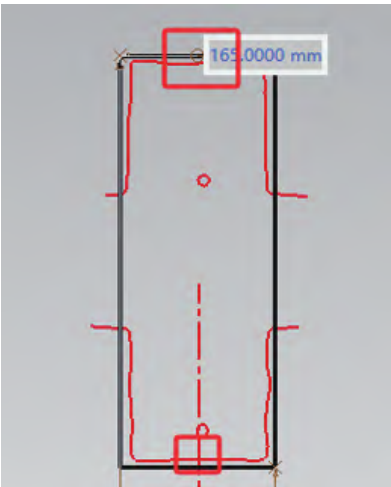


图6 前门防撞梁后加强板修边布置

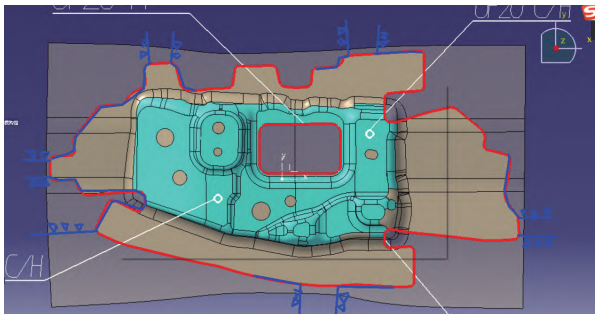


图7 A柱上铰链加强板修边布置

且废料刀布置较多，对于后续生产过程中的模具和维护会加大一定工作量。对修边工序进行优化，在保障工序数量不增加的情况下，减少废料刀排布，利用后工序进行二次修边，改善废料尺寸及废料排料风险。

结语

冲压工艺审查对于汽车主机厂至关重要，通过系统的研究和优化，可以显著提高审核效率和质量，降低企业模具开发及生产成本，提升企业的竞争力。未来的研究应继续关注行业标准的完善、智能化工具的开发以及跨企业合作的推进，为汽车行业的可持续发展提供有力支持。

参考文献：

[1] 贾志文，戴建新，曹国亮，等. 关于汽车冲压模具DL图纸会签的探讨[J]. 模具制造，2019（11）：5-10.
[2] 高显宏. 汽车覆盖件冲压工艺过程图的绘制要点[J]. 模具工业，2011，37（6）：30-34. **AUTO1950**