

基于Autoform R7的多工位自动化冲压工艺与模具设计

□ 安徽江淮汽车股份有限公司 / 王志娟 戴秀浪 刘秉翼

本文介绍了多工位自动化冲压设备和模具设计原则，并基于Autoform R7分析软件，进行某车型顶盖横梁多工位自动化冲压工艺设计。

冲压加工，是在压力机上使用各种冲压模具，对放置其中的板料施力产生形变从而达到要求的尺寸和性能的一种技术。多工位冲压模具相对于普通冲压模具来说，有着产品质量优、占地面积小、工作效率高等优势。若想实现冲压自动化，采用多工位冲压工艺则是主要途径，是诸如汽车制造业等经常采用的冷冲压工艺，但多工位冲压模具设计与单工位模具有许多不同。

多工位自动化与传统冲压对比

目前汽车车身冲压件生产方式主要分为三种：手工生产、单机连线生产以及多工位自动化生产，各

种方式生产特点见表1。

表1 三种冲压生产方式对比

	手工生产	单机连线生产	多工位自动化生产
设备组成	压力机5台	压力机5台 上料机5台 下料机5台 拆垛机1台	多工位压力机1台 拆机机1台 传动系统1台 码垛机1台
压机总能力/t	$1300 + 800 \times 4 = 4500$	$1300 + 800 \times 4 = 4500$	3300
设备总质量/t	1400	1500	1100
安装空间/%	90	100	50
主电动机功率/kW	500	600	400
换模时间/min	20 - 30	15	5 - 8
全生产线人工数/位	20 - 25	4 - 6	2 - 3
实际生产次数/ (次/min)	4 ~ 6	6 ~ 9	16 ~ 25
模具价格比/%	100	105	110
冲压件综合成本/%	110	100	50

多工位冲压工艺，简单来说就是多种冲压工艺的组合，在压力机上多种冲压制件同步作业。相比于常规模具，多工位冲压模具不仅占地面积小，而且加工效率高，在提高制件质量的同时，也实现了冲压自动化，成为未来冲压工艺发展的一个重要趋势。由于多工位自动化生产省人省力且效率高，在冲压领域应用越来越广泛。目前部分汽车主机厂，如：雷诺汽车、日产汽车、长城汽车及广汽乘用车等均有多工位自动化生产线，也称Transfer生产线。

传统压力机机床每加工一个冲次，仅仅完成一个工序加工；而多工位自动化机床每加工一个冲次，就实现了一个冲压件的高速生产。多工位自动化生产除了机床，还需要自动化传输设备。多工位机床下台面拉延工序留有顶杆孔，后工序留有废料孔，方便高速时生产废料排放。

多工位自动化冲压工艺与模具设计原则

1.多工位自动化适用冲压件类型

多工位自动化生产适合长条形、成形深度较浅、平衡性较好的冲压件，比如：顶盖横梁、流水槽、地板横梁等冲压件，如图1所示。



图1 适合多工位自动化生产件

2.模具的最小极限尺寸

模具的尺寸应该尽可能小，应该考虑各工位模具的中心距（STEP）工件边缘离模具外形的距离（见图2），应小于夹持器最大伸入距离，即小于Bar杆的Y向行程，如图3所示。

3.夹持器进入模具时的无障碍无干涉原则

当冲压机打开时，下模必须是无任何阻碍干涉的，如：导塔器、中心导柱、导向件等，以便夹持器能在导入通道和在上模不同高度上的导出通道之间的移动自由通畅。

4.工件的定位

工件必须被准确无误地放置于模具中，除了在垂直方向上的移

动，不应该有任何的自由度。

5.工件的外部边缘

在不同模具中被成形的板材需要有个稳固的外部边缘或者凸缘，水平方向的边缘更易夹取。

如果板材有水平的边缘，就能打开20°的气动夹钳。这样，手指的开合速度更快，能耗也就更低。如果板材无水平边缘，有竖直边缘，可以使用90°的气动夹钳。

6.工件和模具之间的必要距离，以便夹持器伸入

要实现工件的夹取，需要工件底部与模具之间有必要空间距离（15~70mm）以便夹钳能伸入并夹持工件。或使工件浮起，或在模具上留有避空位置。

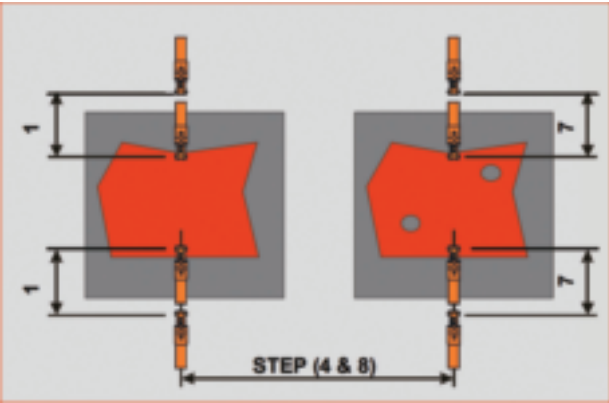


图2 间距示意

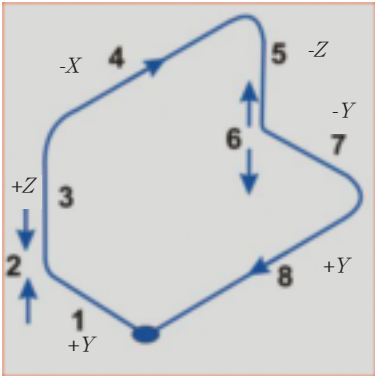


图3 传送器的运动轨迹

7.工件的拾取和落点

如果前工位工件的拾取点与后工位模具中的工件落点处于同一高度时，则不需要附加移动单元来补偿Bar杆的行程。

8.传送器在三个轴向上的位移

可以通过使用线性移动单元来做相邻工位的位置补偿，这样可以简化模具结构或者简化冲压工艺。线性单元非常迅速而且往复时间不会影响冲压周期，动作时间与Bar杆的运动相叠加。

9.工件的横向和轴向翻转

翻转单元将工件在相邻工位间以特定的角度实现翻转，这样可以在很大程度上简化模具。翻转单元将工件以它的旋转轴实现旋转。为了保证工件的可靠夹紧，气动夹钳必须置于必要的旋转轴半径上。如

果在相邻模具间有多个旋转单元使用，那么它们应该相对于工件旋转中心对齐排列，这样高度方向上的补偿也可以忽略。

10.工件的水平翻转或垂直轴向翻转

当工件需要在它的水平或垂直轴向上翻转，翻转单元可以在移动杆的侧面被使用，因为他们可以在0° ~182° 调整旋转，像线性移位单元一样，它们的运行时间同样也是叠加在Bar杆的往复周期内的，因此不会增加额外时间。

11.工件的拾取方式

在多工位冲压模具之间来抓取板材有多种不同的方式，常见的拾取方式有铲手、真空吸盘、气动夹钳三种，每个系统都有它的优势和缺陷，见表2。

12.多工位模具结构设计

多工位模具在导向构造、送料高度、模具闭合高度、冲压方向、干涉检查以及废料排出方面与传统模具均存在区别，见表3。

基于Autoform R7的顶盖横梁多工位自动化冲压工艺与模具设计

1.材质特性

某车型顶盖横梁三维数模如图4所示，料片尺寸360mm×880mm，顶盖

表2 三种拾取方式对比

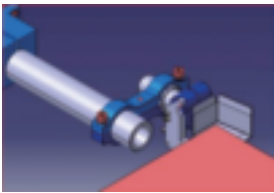
拾取方式	示意图	优点	缺点
铲手		不需气动连接的简易系统	高加速度情况下有失去定位姿态的风险 为保证抓取过程中能保持中心，板材需要在水平面上有尖锐稳定的边缘
真空吸盘		一经冲压，无需在模具上抬升板材就能操作	高耗能 只能抓取板材的上部和平直面 抓取时加速度
气动夹钳		最大限度的可靠性: 全夹持 低耗能 得益于它的低能耗和高生产效率 很快就能回收成本 初始费用较铲具稍低， 大约是铲具的88.5%	初始费用较真空吸盘要高， 大约是真空吸盘的186%

表3 多工位模具结构

类别	传统冷冲压模具	多工位自动化模具
导向构造	箱式导向	多种形式共用
送料高度	每套模具可以不一样	全工序一致
模具闭合高度	每套模具可以不一样	全工序一致
冲压方向	可以各工序不一致	全工序基本一致
主体结构干涉监测	模具本身的干涉	模具本身的干涉+冲压过程中板件搬运的干涉
废料排出	滑出模具或者机床外	可以排进机床台面内部的废料孔

横梁材质DC54D+ZF 45/45，料厚1.0mm。在Autoform R7材料库中选择对应材质料厚，如图5所示。

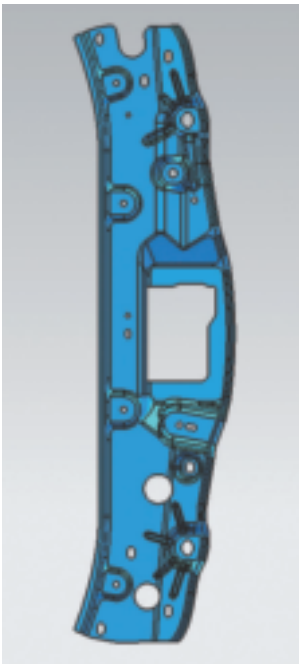


图4 顶盖横梁冲压件

2.成形过程分析

Autoform分析冲压件拉伸成形过程，各阶段板料状态见表4，可以看出，成形过程无明显起皱。

3.成形性能

拉伸分析结果和FLD图如图6所示：拉伸充分且未超出材料成型极限无开裂。拉伸后材料最大流入量17.57mm，如图7所示。冲压件减

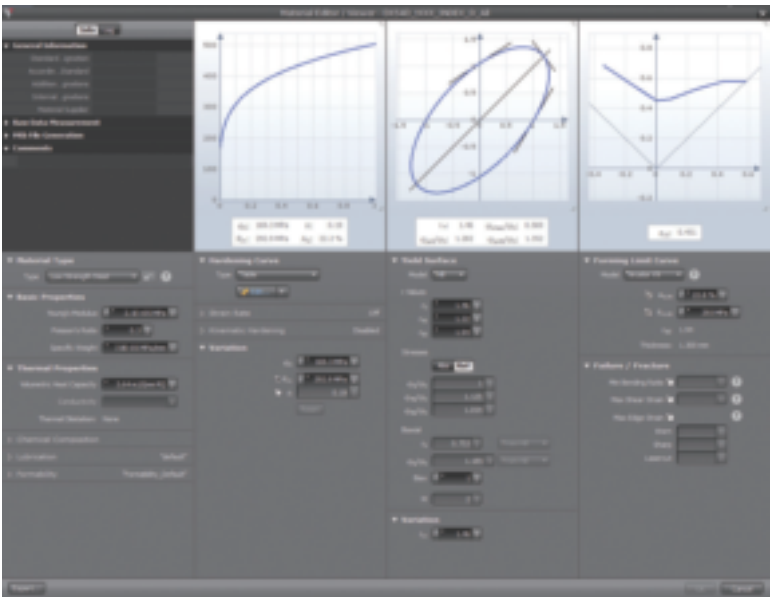


图5 料片及材料特性

表4 拉伸成形过程

成型过程	图示	成型过程	图示
重力状态		到底前10mm	
压边圈闭合		到底前5mm	
到底前15mm		到底状态	

薄率如图8所示，最大减薄率20.5%，DC54D+ZF允许最大减薄率23%，比较安全。

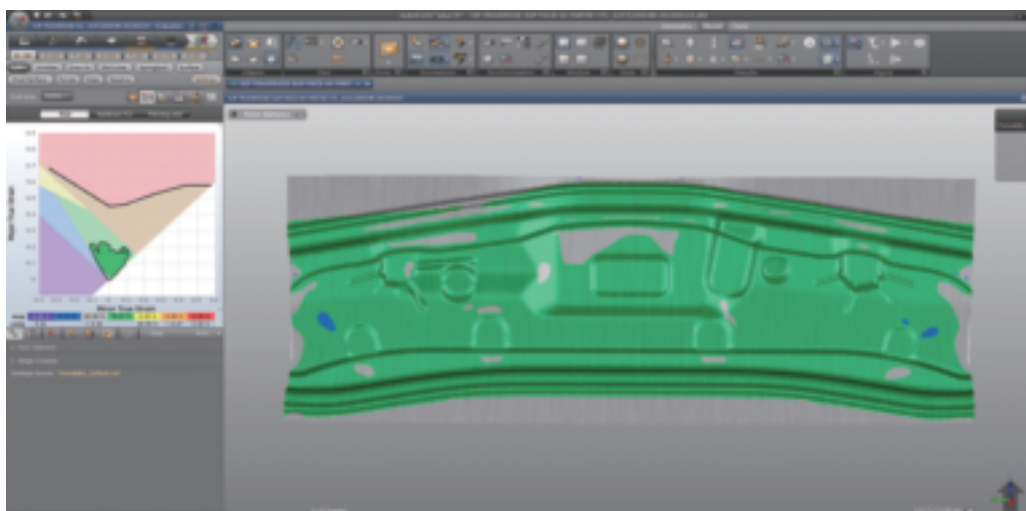


图6 拉延分析结果和FLD



图7 板材流入量

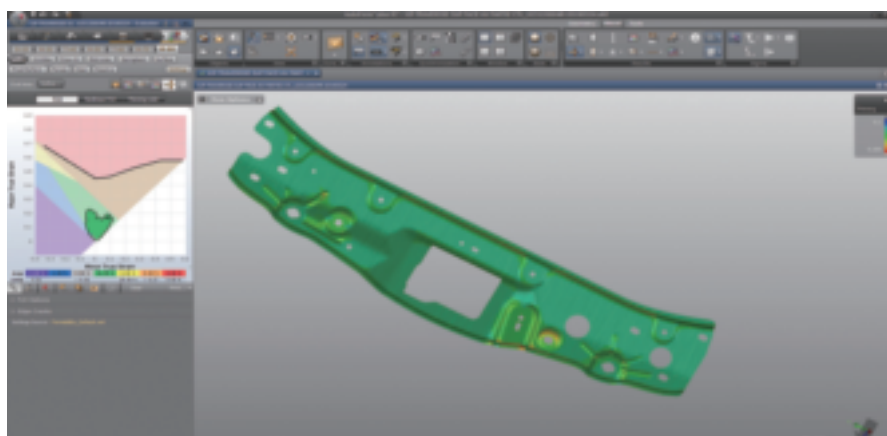


图8 冲压件减薄率

4.回弹

OP10最大回弹2.2mm，OP20最大回弹1.4mm，OP30最大回弹0.38mm，冲压件回弹量在公差范围内。最终，确定冲压件工序：OP10拉延、OP20切边+冲孔、OP30切边+冲孔，如图9所示。

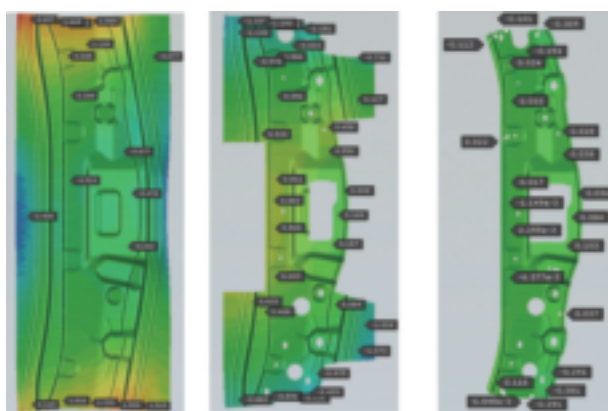


图9 冲压件回弹

结语

本文通过与传统冲压工艺对比分析，并基于Autoform R7顶盖横梁

多工位自动化冲压工艺设计案例，介绍了多工位自动化冲压工艺与模具设计原则和方法。多工位自动化冲压工艺利用其省人省力高效率，以及可以提升冲压件质量和一致性的优势，在汽车冲压领域应用越来越广泛。

AUTO1950