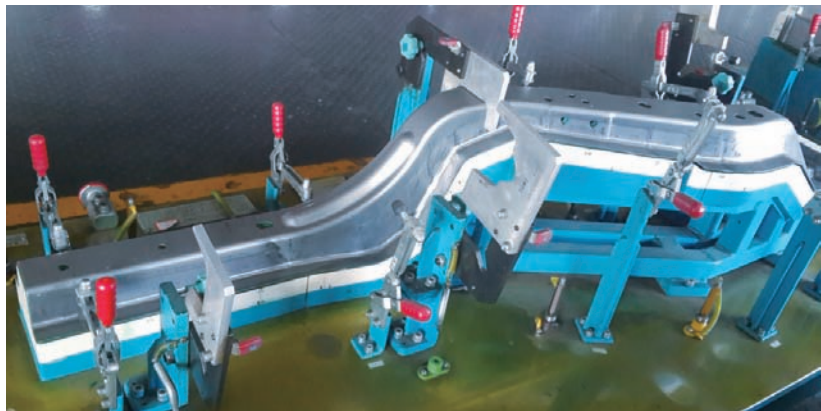


汽车高强板梁类零件的加工

■ 安徽江淮汽车集团股份有限公司 (合肥 230601) 刘永根

摘要: 讲述高强板梁类零件在生产过程中出现的一些主要问题并进行原因分析, 采用不同的工艺方案来控制梁类零件各个部位出现的问题。



长期以来, 汽车纵梁零件的质量问题一直较难解决, 主要反映在扭曲、回弹和起皱问题的控制方面。特别是乘用车车型的梁类件, 由于零件的曲面造型较复杂, 比如一些S形结构的U形梁, 有些零件的两端还带有一定的高度差, 这种梁的回弹和扭曲问题产生的原因错综复杂, 整改起来非常繁琐, 往往需要经过数轮整改才能得到质量合格、状态稳定的零件。

1. 梁类件生产中的主要问题

梁类件在调试生产中出现的問題主要有:

(1) 零件回弹扭曲。零件侧壁回弹主要是指梁类件U形开口加大, 对于回弹较大的零件, 回弹达到了几十mm。这种梁根本无

法在车身上面进行装配, 即使通过一些强制手段强行装车, 车身精度和强度也是不合格的, 而且影响到梁类件周围搭接件的匹配和焊接。零件扭曲是梁类件问题中在初期调试阶段常见的一种现象, 扭曲的梁类件根本无法在车身进行装配, 只能报废或进行验证使用, 不能作为商品使用。

(2) 零件型面起皱。零件局部型面存在高度差的位置, 往往容易出现起皱现象, 严重时会有叠料的产生, 影响零件拼焊质量和拼焊精度, 外观质量也差。变形区一旦起皱, 对拉深的正常进行是非常不利的。因为毛坯起皱后, 拱起的皱折很难通过凸、凹模间隙被拉入凹模, 如果强行拉入, 则拉应力迅速增大, 容易使

毛坯受过大的拉力而导致开裂报废。即使模具间隙较大, 或者起皱不严重, 拱起的皱折能勉强被拉近凹模内, 但皱折也会影响零件表面质量, 同时, 起皱后的材料在通过模具间隙时与模具间的压力增加, 导致与模具间摩擦加剧, 磨损严重, 使得模具的寿命大为降低。因此, 应尽量避免起皱。

2. 原因分析

(1) 回弹扭曲原因。零件在外加载荷作用下, 其变形主要分为两个部分, 即塑性变形和弹性变形。外加载荷去除后, 塑性变形会保持变形后的状态不再发生变化, 而弹性变形以及塑性变形区域的弹性变形部分会向与外加载荷时零件变化的反方向发生变形, 也就是我们所说的回弹的产生。梁类件成形时发生的扭曲, 主要是因为拉延成形过程中, 零件毛坯发生窜动引起的。窜动现场有可能发生在因压边力不均匀的拉延成形序, 也有可能发生在后续的压料力不足的翻边整形序。

(2) 起皱原因。材料在拉深成形过程中, 必然会伴随材料的流动, 材料一般会向拉延深度较

深或者型面较复杂的区域流动。当零件的成形部分不足以使材料的流入量完全展开时,流入的材料就会发生聚集现象,产生起皱。起皱往往发生在产品型面高度差较大的过渡区域。由于此区域在成形时处于悬空状态,即成形时,模具凸凹模都接触不到的区域,材料容易发生聚集起皱。也有部分起皱发生在有压料力的凸缘位置。所以,通过拉延筋控制材料的流入量,或者通过增加产品局部造型凸起使材料充分成形,或者通过工具对毛坯进行压料,可以有效地解决或者减轻起皱现象。

3. 针对回弹扭曲采取的技术措施

控制梁类件回弹扭曲,从工装的角度来说,一方面可以通过在拉延工序增加回弹补偿抵消

零件回弹的影响,另一方面可以通过增加整形工序进行回弹的校正。如果从产品的角度来说,一方面可以通过优化梁类件的成形拔模角度减少回弹量,另一方面可以在产品局部增加造型,使材料产生更大的塑性变形来抑制回弹的发生。

(1) 零件模具工装。如果从模具工装的角度控制回弹扭曲,主要是在成形工序和翻边整形工序。通过CAE模拟分析,计算出零件成形后的回弹量,包括拉延回弹和翻边整形回弹,然后在模具加工中修正凸、凹模的形状和尺寸,从而使零件回弹量得到补偿。如图1a所示,CAE分析零件回弹角度为 $\Delta\theta$,可在成形类模具加工时,做出补偿角度,零件标准角度为 θ ,模具成形角度为 $\theta - \Delta\theta$ 。也可将凸模底部做成圆弧形(见图1b),利用零件底部向下的回弹

作用,补偿零件侧壁的回弹。

除了回弹补偿,模具本身的装配加工精度也需要控制。在成形工序,主要从控制材料流动阻力入手。如图2a所示,由于有些梁类件各个区域型面并不对称,这就要求必须合理确定各个区域拉延筋或拉延槛布置,以及压料面积,使毛坯在成形过程中不发生窜动,或者发生窜动的量极小,不足以影响零件精度。这项工作一般需要在调试阶段进行精调达到。在翻边整形工序,要保证在翻边整形时有足够的压料力,如图2b所示,使工序件在整形过程中不会发生窜动。

(2) 零件的造型。车身上有些梁类件,在不影响车身装配功能的前提下,通过改变零件局部型面造型,可以有效控制零件的回弹,即使不能完全控制,也可以通过后序的整形,把零件校正到位。

如图3所示,通过在零件侧壁或者法兰边增加局部造型,如凸、凹筋等,可以有效地控制型面回弹,但是侧壁凸、凹筋造型需要达到零件R角根部才能起到控制回弹的作用。

如图4所示,通过一些造型,

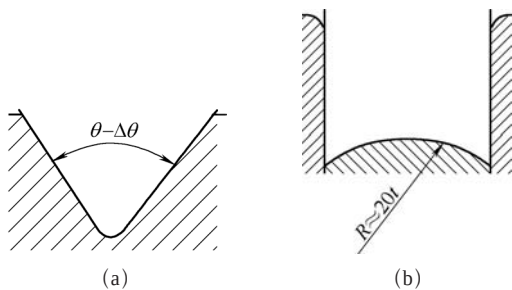


图 1

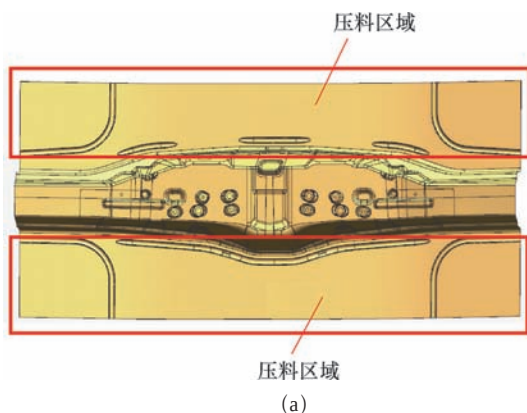
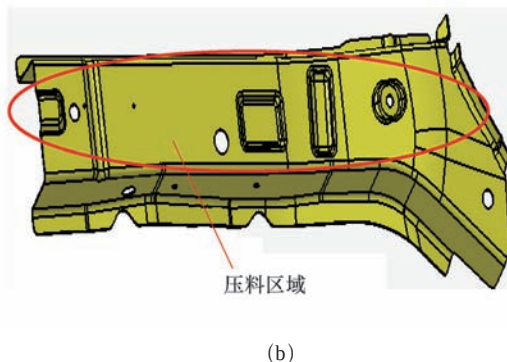


图 2

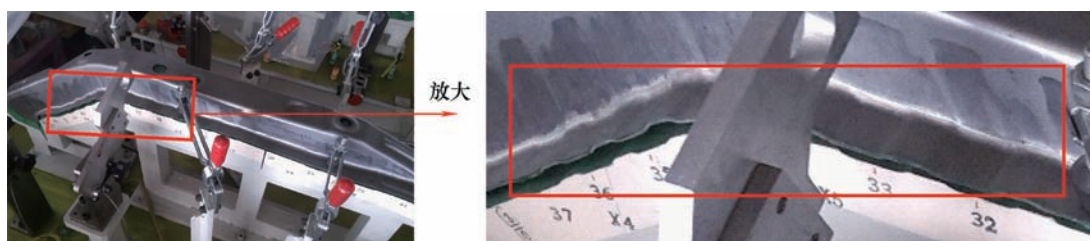


图 3

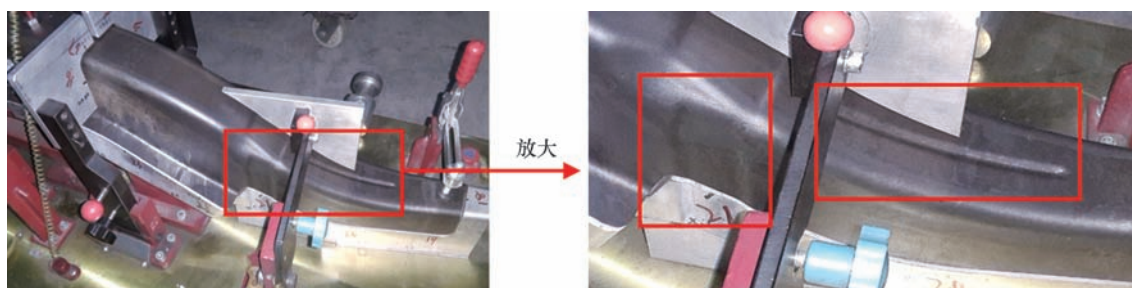


图 4

比如加强筋或平面造型，加在回弹侧壁或零件底面的过渡圆角区域，同样可以有效地控制回弹。

当然，通过改变零件造型控制回弹的方案不止以上这些手段，只要有抑制回弹趋势的造型方案，都可以进行应用和验证。

(3) 零件的成形工艺。零件的成形工艺是控制零件回弹最关键也是效果最明显的技术手段。对于同一个零件，不同的成形工艺，零件的回弹量会有很大差别。对于不同的零件，同样的成形工艺，零件的回弹量差别也较大。所以对于使用高强板的梁类件来说，成形工艺至关重要。如果工艺选择合理，梁类件回弹控制基本成功了一半。

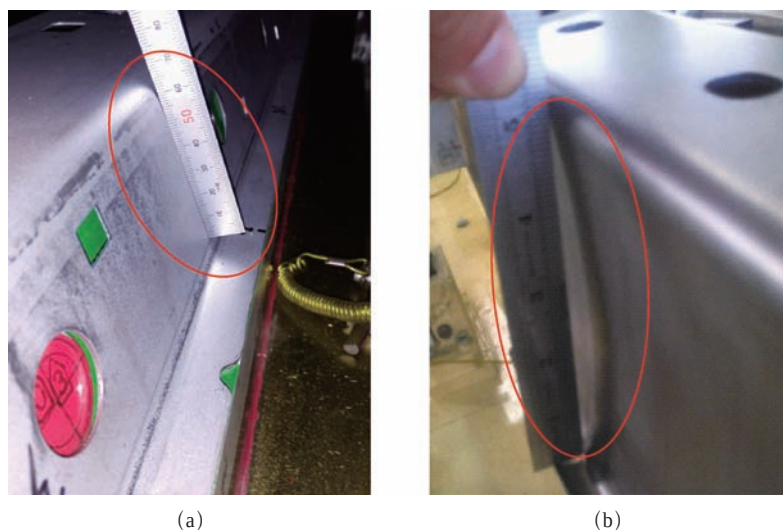
对于近似“一”字形的梁类件，如果侧壁深度较浅，且刚度要求不是很高，可以采用翻边成形工艺。这种工艺除了可以有效避免或减少因残余应力导致的回弹以外，还可以最大程度地改善侧壁曲面现象。如图5a所示梁类

件采用成形工艺，侧壁无回弹，且侧壁无曲面现象；如图5b所示梁类件采用的是拉延工艺，侧壁曲面现象明显。

零件的侧壁回弹基本都是从零件侧壁的根部R角向外张的回弹，所以从根部R角入手，在拉

延工序，可以适当把根部R角放大，如图6所示，通过后序对根部R角的整形，使零件侧壁回弹得到校正。

零件在成形和切边以后，对零件侧壁回弹的反方向进行侧整形。有些梁类件的侧壁角度接近



(a)

(b)

图 5

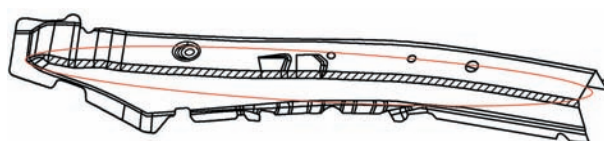


图 6

90°，在有些情况下为了达到整形效果，通过对模具侧壁进行负角加工来达到对零件侧壁进行负角整形的效果，如图7所示。不过侧整形工艺会增加模具开发成本，因为要增加一副侧整形模具。

对于高强板梁类件，拉延后的回弹与零件内部各个部位的残余应力不均匀以及塑性变形不充分（或者弹性变形存在较多）有很大关系，如图8所示。零件回弹主要发生在根部R角位置。在拉延过程中，根部R角的外侧受到拉应力，内侧受到压应力。根据物体受力规律，当物体受到外加载荷作用时，物体内部总是会产生与外加载荷方向相反的作用力，这里体现的就是零件的残余应力。当外加载荷去除后，零件根部R角的内、外侧残余应力均有促使零件侧壁向两边外张的趋势，即回弹。除了均衡零件各个区域的残余应力以外，对于易回弹的高强板，要尽量减少拉延后的弯曲变形，型面造型尽量采用拉延成形，即使在后序采用翻边整形，其整形量也要尽量很小，以保证翻边整形能够对零件的回弹校正到位。如图9所示，零件材质为B340LA，料厚1.5mm，所有型面采用拉延成形，并且在拉延工序进行回弹补偿，修边后直接得到产品边界轮廓。同时所有型面采用一次拉延成形，能够让材料充分变形，减少弹性变形的存在。所以，为了有效地阻止或者减小回弹的发生，平衡梁类零件根部R角及侧壁内外的应力状态是一个努力方向，也就是合理地布置拉延工序的工艺补充面，使零

件各个区域的内外侧所受的应力状态尽量均匀，以此来阻止回弹的发生，或者减小回弹量，通过后序的整形进一步校正回弹，使零件精度控制在所需要的范围内。

4. 针对起皱采取的技术措施

针对起皱现象，一般采取以下技术措施：

（1）增大进料阻力。既可以通过增加压边力达到，也可以通过增强拉延筋阻料能力达到。但是要保证零件不发生缩颈和开裂。

（2）更改零件局部造型。通过改变零件的局部造型或工艺补充造型，使聚集的材料充分成形展开。

（3）在模具中增加压料机

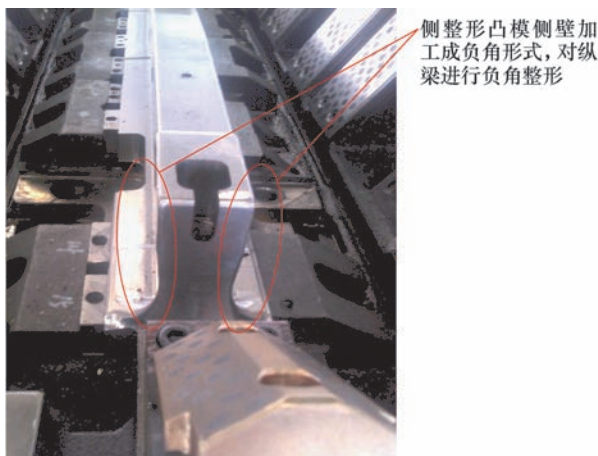


图 7

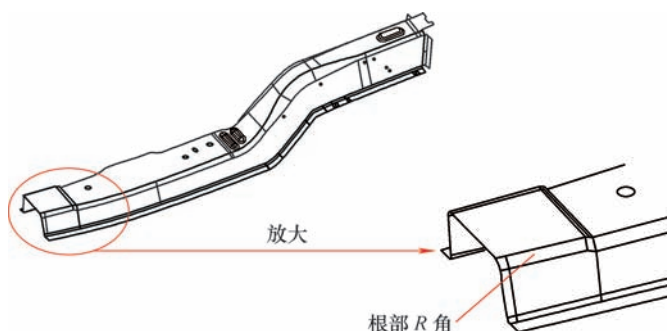


图 8

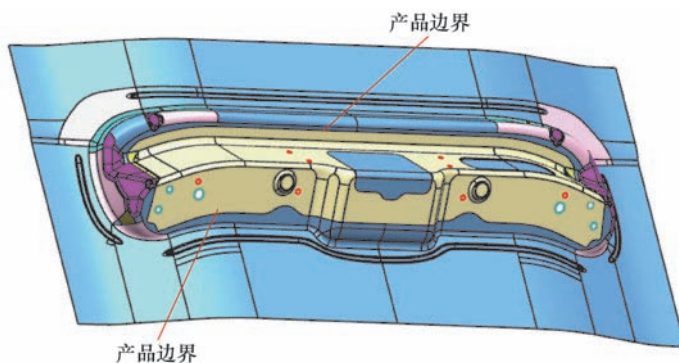


图 9

构。通过压料机构，使毛坯在成形过程中，高度差过渡区域或者易起皱区域始终有工具对毛坯进行压料，也可以在毛坯成形开始阶段，对起皱区域预先成形出一定的形状，消除初期起皱的产生，这样零件成形后，起皱可消除或者减轻，如图10所示。

5. 结语

高强板梁类件的回弹扭曲以及起皱，其影响因素涉及到多个方面，即使通过CAE软件分析来控制，待模具加工完成后，仍然需要反复地通过模具的精调来控制回弹。如何更好地控制高强板梁类件回弹，还需要汽车工程师根据不断积累的现场调试经验和设计经验完善工艺方案，尽量以良好的成形工艺来缩短模具调试的周期和难度。

参考文献：

[1] 高锦张，陈文琳，贾俐俐. 塑性成形工艺与模具设计[M]. 北

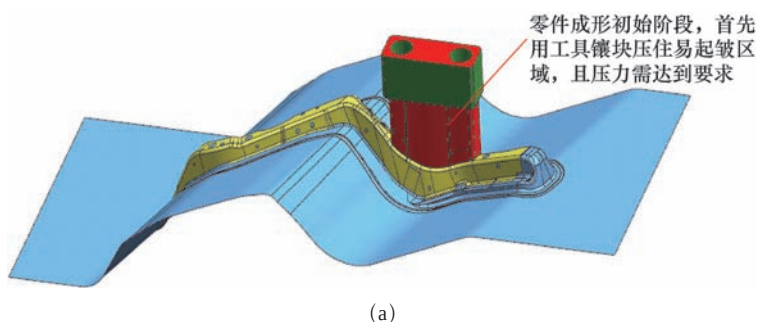
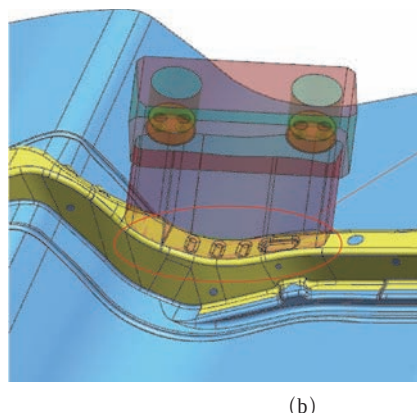


图 10

京：机械工业出版社，2008.

[2] 杨威，高志纯，郎庆东. 轿车前纵梁拉延模拟分析[J]. 锻造与冲压，2016（14）：41-46.

[3] 汪业长. 异截面纵梁总成结构的

设计与研究[J]. 机械工程师，2016（9）：222-223.

MW（收稿日期：20170901）

（上接第2页）
益实现最大化。

2. 结语

Google无人驾驶汽车的首席科学家Peter Norvig曾讲到“我们没有更好的算法，我们有的只是更多的数据”。这些数据的价值不仅在于数据的本身，还在于数据彼此间的关联关系。互联网平台的云计算能够

梳理并治理这些杂乱且海量的数据，通过“数据采集→数据交换和预处理→数据存储处理及共享→数据资源深度分析和挖掘→数据智能应用”的计算历程，做到计算的泛在化，实现数据的社会化。因此，国内汽车制造业在搭建智造生态系统的同时，务必要加大生产现场海量数据的挖掘深度，推进基于云计算的大数据中心建设，让汽车全价值链上的数据由资源变为资产、由资产转为价值，使数据流通下的汽车智造不断衍生新产品、产生高效率 and 释放大智能。

参考文献：

[1] 刘胜勇. 先进金属加工技术的应用[J]. 金属加工（冷加工），2017，790(17)：9-14.
[2] 刘胜勇. 智能制造实施中的问题及对策[J]. 金属加工（冷加工），2017，793(20)：VIII-6.

MW（收稿日期：20171030）

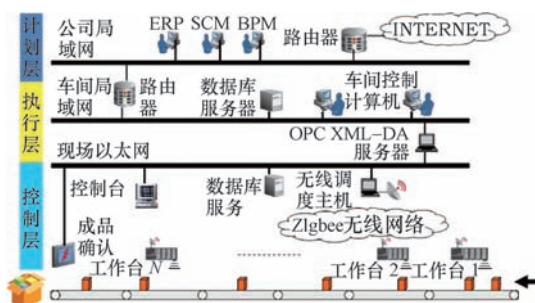


图7 某产品装配线的过程信息智能测控系统示意