

汽车后备厢内板成形问题优化

陈定奎

江铃汽车股份有限公司 江西南昌 330000

摘要: 汽车后备厢内板在生产中,对温度以及板料性能的波动等相关因素比较敏感,生产过程中经常会产生开裂、滑移起皱等现象。基于此,本文先对后备厢内板造型进行介绍,再叙述板料冲压成形缺陷分析,然后阐述后备厢内板功能需求,最后对汽车后备厢内板成形问题优化进行分析。

关键词: 汽车;后备厢;内板成形

引言:

背门内板是典型车身内覆盖件之一,该零件曲面的形状比较复杂,一般为空间三维的曲面,并且外形的尺寸也比较大,有着非常多的凸台以及凹槽,在冲压中非常容易存在起皱以及开裂的情况。某车型后备厢内板在生产过程中,存在滑移起皱以及开裂交替等情况发生。每一批次都需要不断地调整气垫力等相关工艺的参数,不仅对生产率产生一定的影响,与此同时还会产生比较多返修,解决这一问题显得非常的迫切。

1 后备厢内板造型介绍

目前市场上的主流车型主要有硬派 SUV、城市 SUV、三厢轿车 3 种类型(两厢轿车后背门与城市 SUV 相似),如图 1 所示。不同造型的后背门内板有各自的优缺点,硬派 SUV 后背门内板:迎合硬朗的外观造型特征,整体趋于平整,外圈侧壁深,侧壁拔模角小,制件整体落差小,如哈弗 H9、丰田霸道等。城市 SUV、三厢轿车后背门内板:根据外型特点及增加后备箱空间,整体为拱形,密封面半径小,外侧壁高度相对较浅,制件整体落差较大。如图 1 所示:



图 1 某车型后备箱内板

2 板料冲压成形缺陷分析

材料在成形过程中受到影响的因素很多,比如受到材料、几何形状、接触的非线性等因素的影响。从而,在加工过程中很难对材料的流动进行精确控制,因此,材料成形过程由于诸多的影响造成了零件的表面质量、力学性能以及几何精度等一系列缺陷。在冲压成形过程

中,主要的成形缺陷有:起皱、拉裂。

2.1 起皱

起皱的定义是在板形材料的冲压成形过程中,受到外加应力的作用时发生不均匀变形,导致零件部分形面与标准形面出现差异的现象。如图 2 所示:



图 2 板件冲压成形缺陷-起皱

板形材料横截面内沿材料厚度方向的剪切应力或者拉力不均匀的情况下导致零件起皱,这就是材料起皱的机理。材料加工过程中起皱虽然对零件的刚度和强度的影响较小,但是,起皱是由于在加工成形过程中应力失稳的表现,这会对零件的外观和几何精度造成影响,导致零件加工失败,在加工过程中应该对其进行控制。目前,为了控制材料在加工过程中起皱,主要从以下几个方面进行控制:

2.1.1 材料方面

材料的优良在很大程度上决定了加工成形是否成功,在实际加工过程中,在不影响产品的性能需求的情况下,可以选择一种成形性能较好的材料进行加工。比如,延伸率大或者屈服点低的材料。

2.1.2 设计方面

在设计产品形状的时候,要充分的考虑到材料变形起皱的情况,在设计过程中,满足产品需求的前提下,可以适当的对产品进行修改,比如尺寸、形状。设计人员在设计阶段需要考虑材料起皱的因素,并对起皱情况进行预测。在设计阶段,设计人员在允许的情况下可对材料成形过程进行模拟仿真,可以有效的防止材料在加

工过程中起皱。如图3所示:

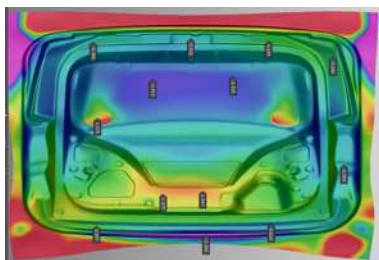


图3 某车型后背门内板模拟仿真结果显示

2.1.3 工艺方面

在加工工艺方面,设计人员可以适当的增加压力边,可以对凸凹模圆角进行适当的条件。可以增设拉延筋,调整材料的冲压方向,改善压料面形状等等方法来控制材料在加工过程中的起皱。

2.2 拉裂

材料在冲压成形过程中,由于外加应力超过了材料本身的强度或韧性时,通常会导致材料拉裂,如图4所示为板件冲压成形过程形成的拉裂。材料一般易发生拉裂的主要区域有材料的侧壁、凸模圆角处、法兰、凸模端部和拉延筋部分。

在实际生产过程中,材料的拉裂造成了产品报废,这是不允许的。所以需要拉裂现象进行控制,改善材料的流动性是一种控制材料拉裂的常见方法。改善材料的流动性主要的手段有以下几个方面,如选材时,在满足产品的性能需求的前提下,选择拉延性能较好的材料,在设计方面调整侧壁的角度、优化压料面等,在工艺方面可以扩大凸凹模圆角、减少压边力、增设拉延筋等。



图4 板件冲压成形缺陷-拉裂

3 后备厢内板功能需求

对于车门内板的要求不同于其他部件,由于构成该部件的材料较为单薄且构建层次具有一定的复杂性,但是根据实际应用场景需求,需要其尺寸较大,因此对于其材料的韧性程度要求较高。因此我们需要在保证汽车美观的前提下,使得车门内板易于制作,具体要求如下:

3.1 外观质量

针对汽车外观而言,它是决定用户是否购买的重要因素,因此任何一处微小的缺陷都会影响其美观性,因此在整个汽车制造的过程中对于诸如波纹、凸凹纹等问

题是不允许出现的,除此之外,当进行汽车覆盖面的生产时需要保证整个面线条的流畅,且需要高度对称,对于连接部分需要借助装饰物来进行处理,在保证线条流畅的前提下保证整体美观性。

3.2 大小与状态

针对汽车外形覆盖部件的尺寸和具体形状需要根据图片模型进行设计。对于车身覆盖曲面而言,其要求是曲面立体型的,将车身覆盖曲与车身进行连接时,需要在车身预留出一定的空间以保证覆盖面与车身整体契合,从而使得接口处平整。

3.3 刚性。在汽车后备厢内板形成的过程中,由于材料在高强度作业的条件下发生了一定的形变,因此导致车门内板刚性无法达到预期要求,进而会造成车身在受到震动时出现空洞声等情况。若使用韧性较低的材料进行加工,会导致汽车在受到较大的震动时造成后备厢内板的形变。除此之外,利用这种塑性不够刚性差的材料制作汽车外形,会造成汽车一定程度上的磨损,使用寿命大大减少,因此在后续工作中需要对该种材料进行改进。

3.4 工艺性

工艺性对于后备厢内板十分重要。一方面,良好的工艺性可以使得内板有着较高的冲压成形性能、操作安全性、焊装性能;另一方面,拉深工艺对于汽车覆盖件冲压有着不可忽视的作用,主要体现在汽车覆盖面的成形是借助合理的拉深工艺来实现的。如图5所示。

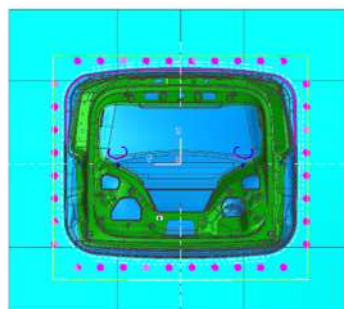


图5 某车型后背门内板拉深工艺

4 汽车后备厢内板成形问题优化

4.1 明确拉深方向

若要保证确定拉深件的精确性,首先需要确定拉深方向,一方面,拉深方向可以决定压料面形状;另一方面它影响到工艺补充部分的余量。通常拉深件的不达标往往是由于拉深方向并未精准确定,当改变拉深方向时,即需要修改拉深模。拉深模的修改往往具有一定的难度,涉及到对拉深模重新设置参数以及重新制造,除此之外还需要对后续模具进行修改,因此确定拉深方向在整个

过程中十分重要。当确定拉深方向时，以下几点需要特别注意：

当对原材料进行拉深时，其空间形状以及棱线、筋条等因素均需进行详细的计算，尽量保证一次拉深出来，避免出现诸如凸模接触不到的“死区”等情况。出现该问题的实际场景是车门内板的某一部位发生形变或者出现反方向成形的情况。因此，就该问题而言，内板本身的凹形在一定程度上与拉深方向有着十分重要的联系。对于从一个方向进行拉深的部件无法满足实际应用的场景，可以采用两个方向的冲压，进而分两步从两个方向先后拉深。

将拉深深度差降至最低，从而减小形变分布的不均匀性。对于一些较为简单的、高度对称的材料而言，我们可设计一个对称模具，通过一次拉深形成两个部件，这就需要确定相应的拉深方向，进而使得进料均匀，不会造成阻力影响。

为了防止部件的表面缺陷，对于一些表面件，在选择拉深方向时，通常为了达到质量要求，尽量避免偏移线、颤动线等缺陷。本文是基于前两点作为选择拉深方向的标准，在确定拉深方向之后，我们可以建立相应的坐标系，具体参见下图6，这个坐标系可以对后续的压料面以及冲压模拟起一定的辅助作用。

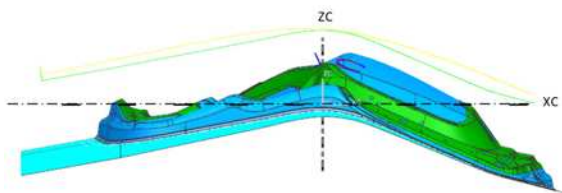


图6 以确定的拉深方向为Z轴建立的新坐标系

4.2 内板压料面的设计

通常我们将“压料面”定义为位于凹模圆角半径以外的那一部分坯料。但是通俗的说，“压料面”是对于正装模具起作用的一部分表面材料。本文中所引用的“压料面”是后者所代表的含义，即是指模具表面的一部分材料。

压料面的形状应该避免复杂化的形状，最好以水平压料面为最好。在保证压料面质量的前提下，应该尽量减少材料的消耗，斜面以及平滑曲线均可以作为压料面的基准面。在设计过程中，应该尽量避免大角度的平面交汇，剧烈的形状变化，这些情况均可导致材料流动不均匀以及材料的塑性变形，进而造成在拉延成形时出现诸如起皱、堆积等现象。

水平压料面是在进行塑形过程中最常用的一种形状。

由于其阻力变化容易控制，进而在调整拉延成形时使得压料面阻力达到最佳状态。对于向内倾斜的压料面而言，其阻力相对较小，因此可在塑性变形时采用。

这种压料面可以使得材料流动速度与流动方向均匀，进而使得成形时较为稳定。同时在使用压边圈对毛坯进行固定时，毛坯的表面往往较为平整，不会产生皱折等现象。

压料面在毛坯成形的过程中，应该将其进行固定，进而在修检时可以方便进行进送料和取料。如图7所示。

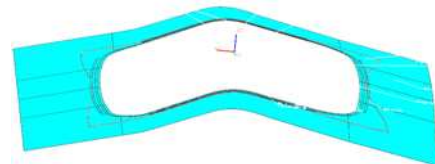


图7 设计压料面的侧视图

4.3 内孔修补及几何改善

该步骤也十分重要，对于除特别开设的工艺孔之外，零件在进行最后的拉深工艺之后，当维持冲孔拉深的顺序时，将会导致在拉深过程中孔的形状发生一定程度上的形变，所以在拉深时需要将孔进行填充处理。我们可以利用CATIA技术来对孔进行填充，首先是将零件进行提取，目的是将孔的边界显化，然后执行填充命令，通过该种手段，大部分孔都能够被填充。对于边界显化不充分的孔而言，可以对几个区域进行修补，在修补过程中可以借助辅助线以及辅助面进行相应步骤。值得注意的是，所补的面都要满足切向连续。

几何改善是在不改变部件轮廓的前提下，对数模进行优化。其主要目的在于检查数模是否曲面出现重复性以及其连续性是否完好，进而完成删除重复面以及改善连续性，同时一些曲面上的碎面可以删除，重新整合。改善后的曲面质量有助于后续的网络划分，这样一来既可以减少划分网格的时间，又可以提高模拟的准确性，因此该步骤至关重要。

4.4 摩擦系数确定

板料的拉深成形过程是一个对力的要求十分苛刻的过程。其中摩擦力和压边力是我们主要考虑的两个力。前者对于材料的流动方向以及材料的流动速度起着决定性因素，合理的运用摩擦力可以避免零件和模具之间的过度刮擦，保证零件的高质量以及高稳定性。在板料拉深成形的过程中需要考虑诸如摩擦、边界摩擦等摩擦力，除此之外混合摩擦也在我们考虑的范围之内。在本文中，主要是针对边界摩擦，辅以干摩擦和流体摩擦这三类摩擦进行分析和研究。经过长期的实践，我们得到在实际生产过程中通常将摩擦系数固定在0.1 ~ 0.5之间，

具体的取值需要根据实际情况来定。摩擦系数表达式为:

$$\mu = \mu_0 + (\mu_s - \mu_0)v^{c-1}$$

公式中 $v = \frac{\Delta e}{\Delta t}$, v 就是相对滑动速度;

Δt 就是时间步长;

c 就是衰减指数。

5 结论

综上所述,在车身零件制造过程中,后备厢内板主要就是成形难度比较大的零件,后备厢内板零件有着结构比较大、型面的特征比较复杂等特点,通过其造型特点确定冲压方向和冲压方案,可缩短模具制造周期。常见的密封面起皱问题通过本文有效解决方案的实施支后得到解决,对汽车后备厢内板研究和设计提供一定的参考。

参考文献:

[1]王成勇,项志伟,叶鹏飞,吴进,盛小涛,李强.预冲孔与中途刺破对抑制车门内板关键区域成形缺陷影响的对比研究[J].塑性工程学报,2020,27(06):13-22.

[2]项志伟,王成勇,吴进,盛小涛,叶鹏飞,陈锦洪.基于Hill'48与Hill'90屈服模型的汽车后背门内板成形性比

较研究[J].塑性工程学报,2020,27(03):10-15.

[3]杨谊丽.车门内板冲压工艺设计与成形分析[J].金属加工(热加工),2018(04):5-8.

[4]孙霞.轿车车门内板冲压成形暗裂缺陷的预防及对策[J].山东工业技术,2017(20):45.DOI:10.16640/j.cnki.37-1222/t.2017.20.035.

[5]关来德.后背门内板成形工艺缺陷分析与优化[J].锻压技术,2017,42(05):19-24.DOI:10.13330/j.issn.1000-3940.2017.05.004.

[6]鄂宏伟,李亚东,郑学斌,韩龙帅.屈服准则和硬化模型对DC56D+Z钢汽车后背门内板成形仿真精度的影响[J].机械工程材料,2021,45(10):91-96+103.

[7]叶鹏飞,王成勇,陈锦洪,安自仁,姚圆圆,程明,戴程.基于数值模拟分析异形工艺孔在汽车车门内板塑性成形过程中的应用研究[J].塑性工程学报,2019,26(01):33-39.

[8]毕巍巍,卢利平.钢板各向异性对汽车前罩内板成形性能影响的数值模拟[J].热加工工艺,2018,47(17):159-162.DOI:10.14158/j.cnki.1001-3814.2018.17.040.