

反鼓包盒形件成形工艺分析及优化

无锡工艺职业技术学院 (江苏宜兴 214206) 张家骅
海南大学 (儋州 571737) 郭志忠

【摘要】 反鼓包盒形件由于变形不均匀, 存在反向拉深等特点, 导致成形困难。本文通过分析反鼓包盒形件成形特点, 确定了4种不同的冲压方案, 研究不同方案对冲压成形的影响, 优化成形方案。通过数值模拟中对危险点应变路径的研究, 表明应变路径对成形有着重要影响。

一、概述

图1是反鼓包盒形件模型。外部拉伸长度和宽度分别为190mm和140mm, 拉伸高度为40mm; 内部反鼓包长度和宽度分别为100mm和70mm, 拉伸高度为

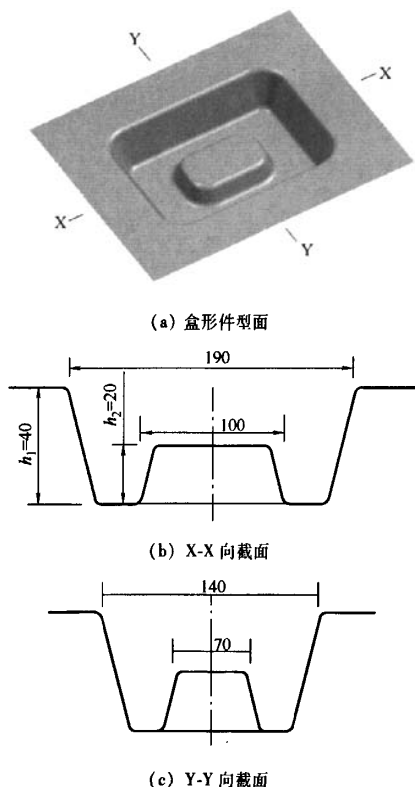


图1 盒形件型面

20mm; 拔模斜度为 25° , 圆角半径均为8mm。

该零件既有直边部分的拉伸, 又有圆角部分的拉伸, 同时由于底部反鼓包的存在, 还存在反向拉深变形, 这些都增加了成形难度。本文将通过数值模拟技术, 研究该零件的成形工艺。

二、工艺分析

盒形件成形主要采用拉伸工艺, 其成形工艺性是指零件拉伸加工的难易程度。在实际冲压成形过程中, 盒形件能否一次拉伸成形的极限, 可以用最大成形相对高度 h_{\max}/r 表示, 其中 r 表示盒形件的拐角半径。它除了受板料性能的影响外, 还与零件的几何参数 r/B 有关, B 为宽度。 r/B 越小, 直边部分对圆角部分的影响越大, 可以获得的最大成形相对高度 h_{\max}/r 也就越大; 反之, r/B 越大, 直边部分对圆角部分的影响越小。计算表明, H/r 超过了一次成形极限高度, 因此理论上必须采用多步冲压成形才能获得合格的零件。加上该零件的反鼓包的反向成形, 更提高了利用单次成形的难度。

但是考虑到在保证冲压质量的前提下, 应尽量减少冲压工序数量的工艺设计原则, 以及考虑理论计算与数值模拟之间误差的影响, 先采用一道拉伸工序, 成形出该盒形件作为本次数值模拟的首选方案。先做一次拉伸成形模拟, 看是否满足设计要求, 在无法一次拉伸成形的情况下, 再考虑采用多步拉伸成形。表1是最终确定的成形工艺方案。

表 1 盒形件数值模拟方案

方 案	内 容	说 明
一	一次成形	
二	1. 外部浅拉延 ($h_1 = 24\text{mm}$) + 外部深拉延 ($h_1 = 40\text{mm}$) + 外部整形 2. 内部浅拉延 ($h_2 = 15\text{mm}$) + 内部深拉延 ($h_2 = 20\text{mm}$) + 内部整形	先外部 后内部
三	1. 内部浅拉延 ($h_2 = 15\text{mm}$) + 内部深拉延 ($h_2 = 20\text{mm}$) + 内部整形 2. 外部浅拉延 ($h_1 = 24\text{mm}$) + 外部深拉延 ($h_1 = 40\text{mm}$) + 外部整形	先内部 后外部
四	1. 内部浅拉延 ($h_2 = 15\text{mm}$) + 内部深拉延 ($h_2 = 20\text{mm}$) 2. 外部浅拉延 ($h_1 = 24\text{mm}$) + 外部深拉延 ($h_1 = 40\text{mm}$) 3. 整体整形	先内部 再外部, 最后整 体整形

三、数值模拟及结果分析

首先根据产品的 CAD 模型建立各个模拟方案拉深模的几何模型, 然后建立有限元网格模型, 利用 Ls-dyna 进行计算。

板料单元采用 BT 壳单元, 模具为刚性体, 材料采用 36 号材料模型, 摩擦处理采用反正切函数修正库仑摩擦模型。采用的材质为 ST1405 低碳钢, 厚为 0.8mm, 其性能参数如表 2 所示。

表 2 材料性能参数

杨氏模量/GPa	206	
泊松比	0.2	
屈服强度 σ_s /MPa	170	
抗拉强度 σ_b /MPa	300	
应变强化系数 K /MPa	570	
各向异性系数 R	R_{90}	1.8
	R_{45}	1.5
	R_{0}	1.8

1. 各模拟方案危险点应变路径

图 2 所示为各模拟方案变形危险点应变路径变化比较。从图中可以看出, 不同的工艺方案所产生的成形危险点的位置是不同的, 危险点最终的应变路径也不同。

方案一和方案二在该点的应变路径处于成形极限图中的双拉胀形区, 并且方案一在该点的最终应变超出成形极限曲线, 表示该点已出现破裂现象; 方案二在该点的最终应变虽然处于成形极限曲线的临界区域内, 但基本接近成形极限曲线, 表示该点极易出现破裂现象; 方案三和方案四在该点的应变路径处于成形极限图的拉胀成形区。虽然这两个方案危险点应变处于临界区域内, 但完全可以通过修正模具型面使得这部分的应变降至临界线以下。

从以上 4 种工艺方案数值模拟的应变路径对比图可以看出, 对于盒形件的多步冲压成形, 危险位置处于反鼓包的侧壁, 这部分材料主要承受拉应力作用。方案一是一次成形, 过大的拉应力导致了板料的破裂; 方案二与方案三、方案四的区别在于, 方案二在反鼓包成形之前就先在该位置产生了一定的预变形, 使得在后面反鼓包成形时这部分材料过度减薄, 从而濒临破裂; 方案三和方案四先进行反鼓包的变形, 在后续成形工序中这部分材料基本不再产生变形, 因而使这部分材料的成形效果要优于方案二。

2. 各模拟方案特定危险点安全裕度

通常冲压件上某一点的最大主应变 ϵ_1 与该材料在该变形方式下的极限应变 ϵ_k 之间存在变形裕度 $\Delta\epsilon = \epsilon_k - \epsilon_1$, 则称 $\Delta\epsilon$ 为这种变形方式下的安全裕度。安全裕度主要用来预见所设计工艺方案的危险程度。为了保证冲压生产的稳定性, 一般要求安全裕度 $\Delta\epsilon$ 不小于 8% ~ 10%。图 3 为盒形件多步冲压成形各数值模拟方案特定危险点的安全裕度比较。从图中可以看出, 不同工艺方案得到的危险点的安全裕度是不同的。方案三和方案四在这两点的安全裕度要比另两种方案高得多, 虽然方案四在危险点的安全裕度要比方案三小 3%, 但由于方案四成形工序比方案三少, 而且在危险点的安全裕度满足最小安全裕度要求, 对比之下, 方案四的成形结果最好。

从上面的分析中得到, 对于盒形件的成形, 方案三和方案四的成形过程优于方案一和方案二, 同时, 对比方案三和方案四的成形工艺可知, 方案四要比方案三少一道整形工序, 因而在实际生产过程中, 方案四的成形工艺更加可行。也就是说, 先进行内部反鼓包成形后, 外部成形的效果要优于先外部后内部反鼓包的成形过程, 这主要是因为先外部成形过程中内部反鼓包产生了一定的预变形, 导致后续的变形性能有所下降。

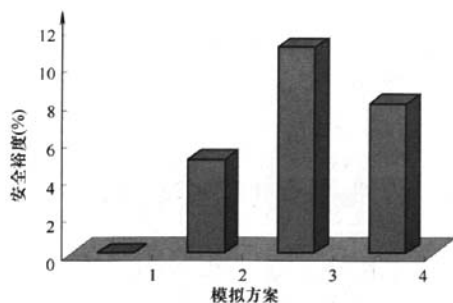
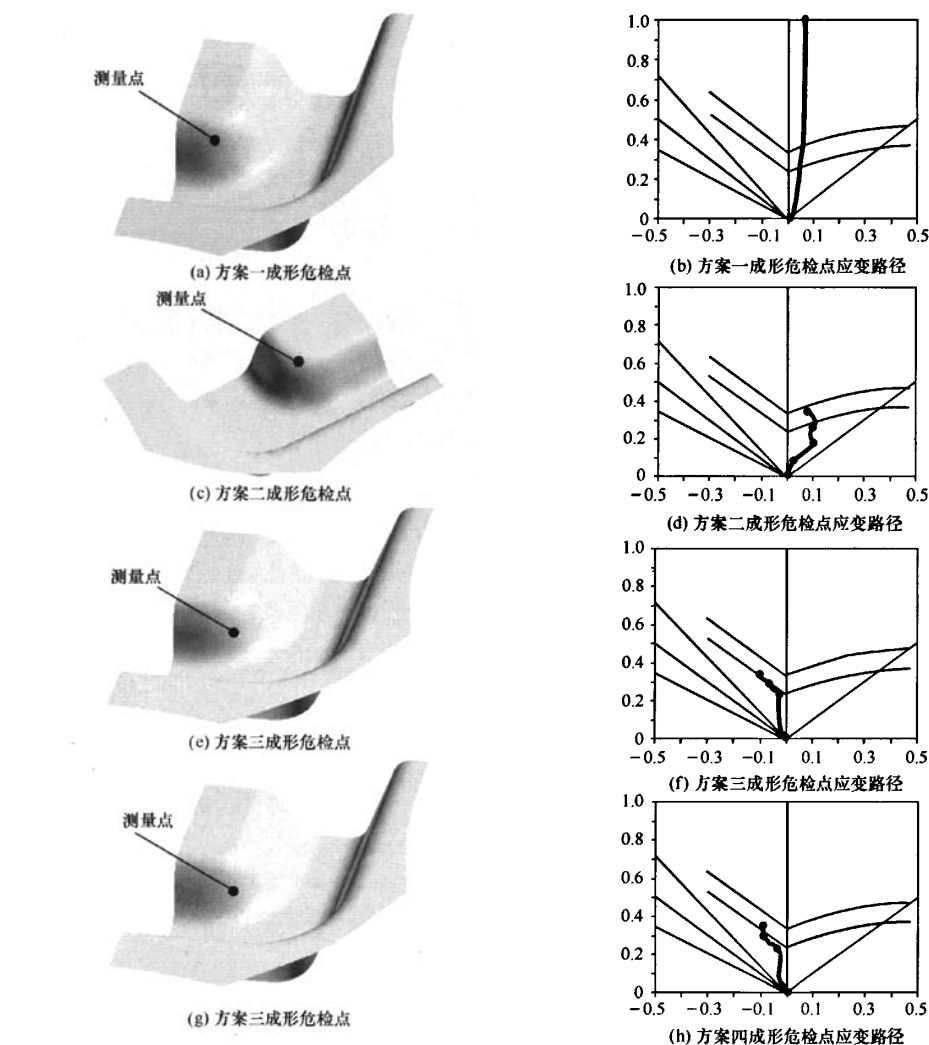


图 3

在保证不产生成形缺陷的情况下，应变路径从平面应变到单向拉伸区内变化的结果要优于在双拉胀形区内

图 2

变化的结果，这主要是由于在胀形区内的应变路径导致了更大的减薄率。这和 T. Kikuma 等人得出的研究结论一致，即先拉伸后胀形路线得到的成形极限曲线要高于先胀形后拉伸的成形极限曲线。

四、结语

通过改变不同的成形方案，对反鼓包盒形件成形进行工艺优化，最终确定了最佳的成形方案。成形模拟过程表明，改变危险点的应变路径对成形有着重要的影响。在保证不产生成形缺陷的情况下，应变路径在从平面应变到单向拉伸区变化的结果要优于双拉胀形区变化的结果。MW (20090215)