



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111085594 A

(43)申请公布日 2020.05.01

(21)申请号 202010028850.8

(22)申请日 2020.01.12

(71)申请人 哈尔滨理工大学

地址 150080 黑龙江省哈尔滨市南岗区学
府路52号哈尔滨理工大学

(72)发明人 刘晓晶 马雪凤

(51)Int.Cl.

B21D 22/20(2006.01)

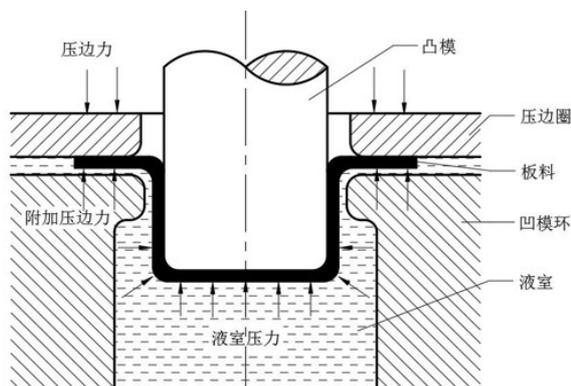
权利要求书1页 说明书3页 附图6页

(54)发明名称

一种充液拉深过程中液室压力与变压边力的协调控制方法

(57)摘要

本发明涉及冲压成形技术领域,特别是充液拉深技术领域,提供了一种充液拉深过程中液室压力与变压边力的协调控制方法。在航空航天领域中,常采用充液拉深技术成形高端装备的零部件;此外,诸如镁合金、铝合金等难变形的新型材料,也需要利用充液拉深进行成形。该方法根据冲压模具及板料的三维模型,采用有限元分析的方法,经过数值仿真模拟分析,确定成形质量较好的无液室压力的条件下的变压边力加载曲线,和恒定的压边力作用下的液室压力加载曲线,将液室压力加载曲线转换为液室液体溢流时对法兰区的附加压边力曲线,并与变压力加载曲线进行叠加,得到在变液室压力加载下的变压边力优化加载曲线,从而提高零件的成形质量。



1. 一种充液拉深过程中液室压力与变压边力的协调控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 根据冲压模具及板料的三维模型,采用有限元分析的方法,经过数值仿真模拟确定板料在无液室压力的条件下的压边力变化范围;

(2) 选取步骤(1)中压边力变化范围内的加载路径进行数值模拟,分析成形件质量,选取成形质量最好的无液室压力的条件下的变压边力加载曲线;

(3) 在有限元软件中进行数值仿真模拟分析,确定板料在恒定的压边力作用下的液室压力变化范围;

(4) 选取步骤(3)压边力变化范围内的加载路径进行数值模拟,分析成形件质量,选取成形效果较好的恒定压边力作用下的液室压力加载曲线;

(5) 将步骤(4)中的液室压力加载曲线转换为液室液体在溢流时对法兰区的附加压边力曲线;

(6) 将步骤(2)中得到的变压边力加载曲线,和步骤(5)中得到的附加压边力进行叠加,得到在变液室压力加载下变压边力的优化加载曲线。

一种充液拉深过程中液室压力与变压边力的协调控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种充液拉深过程中液室压力与变压边力的协调控制方法,属于冲压成形技术领域,特别是充液拉深技术领域。

背景技术

[0002] 在航空航天领域中,一些高端装备的零部件经常采用充液拉深技术进行成形;此外,很多难变形的新型材料,如镁合金、铝合金等,也需要利用充液拉深进行成形。板料的充液拉深是一种将冲压成形与液压技术结合在一起的软模技术,用液室压力来代替传统冲压成形模具中的凹模或凸模,零件的成形质量高、尺寸精度高。液室压力的加载曲线是充液拉深工艺中最为重要的一环,直接影响到零件的成形质量。

[0003] 在拉深成形的过程中,压边力是一个十分重要的工艺参数,主要用来产生摩擦力,以增加板料的拉应力,控制板料的流动;另一方面,压边力的大小影响到板料在变形过程中的起皱、破裂等问题,关系到成形件的质量。变压边力是指随着时间或凸模行程的变化而变化的压边力,可以合理的控制板料的塑性流动,发挥压边力对板料流动的最大调节作用,从而能够避免零件在成形过程中出现破裂、起皱等缺陷,改善板料的成形性能。

[0004] 根据塑性材料的应力应变曲线,材料在达到屈服阶段之前可达到较高的应变,相对应地,该时刻也是板料成形过程中最容易出现破裂、起皱等成形缺陷的时刻,为了保证成形质量,此时的压边力应该足够大。而在充液拉深的过程中,为了保证板料的贴模性,液室压力的加载在最后阶段需要到达一定的强度。在压边力与液室压力的共同作用下成形板料时,当液室压力太大时,压边力便不能够抵抗切向的压应力,从而致使冲压件不能充分地拉深。如何设置出合理的变液室压力条件下变压边力的加载曲线,使液室压力和压边力协调控制板料的成形是一个难题,在目前的充液拉深成形领域,在实际零件成形时,一般采用试错法对变压边力进行调试,时间以及人力、物力成本高,同时存在一定的难度。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提出一种充液拉深过程中变液室压力与变压边力的协调控制方法。

[0006] 基于上述目的本发明提供的协调控制方法,包括以下步骤:

(1) 根据冲压模具及板料的三维模型,采用有限元分析的方法,经过数值仿真模拟确定板料在无液室压力的条件下的压边力变化范围;

(2) 选取步骤(1)压边力变化范围内的加载路径进行数值模拟,分析成形件质量,选取成形质量最好的无液室压力的条件下的变压边力加载曲线;

(3) 在有限元分析软件中进行数值仿真模拟分析,确定板料在恒定的压边力作用下的液室压力变化范围;

(4) 选取步骤(3)压边力变化范围内的加载路径进行数值模拟,分析成形件质量,选取成形效果较好的恒定压边力作用下的液室压力加载曲线;

(5) 将步骤(4)中的液室压力加载曲线转换为液室液体溢流时对法兰区的附加压边力函数为 $f_{附}$, 转换公式为 $f_{附} = P \times S$, 其中P为溢流区的液室压力,S为在溢出的液室压力作用下的法兰区面积;

(6) 将步骤(2)中得到的变压边力加载曲线, 和步骤(5)中得到的附加压边力进行叠加, 得到在变液室压力加载下的变压边力优化加载曲线, 运算公式为 $f_{总} = f_2 - f_1$, 其中 $f_{总}$ 为优化后的变液室压力加载下的变压边力函数, f_2 为无液室压力加载时的变压边力函数。

[0007] 由上可知, 本发明提供的充液拉深过程中变液室压力与变压边力的协调控制方法, 与传统的充液拉深变液室压力或变压边力方法相比, 考虑了液体溢流时对法兰区的压边作用, 相对应的减小了液室液体发生溢流时压边圈施加的压边力, 既避免了因压边力过大, 危险断面拉应力增加, 防止拉裂或严重变薄现象; 又保证了板料与压边圈的充分接触, 防止起皱现象, 从而提高了零件的成形质量。

附图说明

[0008] 图1为板料充液拉深液室液体溢流时法兰区的受力的示意图;

图2为本发明实施例1的板料形状与尺寸;

图3为本发明实施例1的变压边力的四种加载曲线;

图4为本发明实施例1的液室压力的三条加载曲线;

图5为本发明实施例1的液室液体在法兰区发生溢流时, 对法兰区产生的附加压边力;

图6为本发明实施例1的变压边力与附加压边力叠加之后的变压边力优化加载曲线;

图7为本发明实施例中的谷形加载的变压边力和变液室压力协调控制下的车门外板成形壁厚分布图;

图8为本发明实施例中的优化的变压边力和变液室压力协调控制下的车门外板成形壁厚分布图;

具体实施方式

目的、技术方案和优点更加清楚明白, 以下结合具体实施例, 并参照附图, 对本发明进一步详细说明。

[0009] 为了优化现有的充液拉深成形技术, 提高成形件的成形质量, 本发明提出了充液拉深过程中变液室压力与变压边力的协调控制方法。该方法通过三维建模将模具及板料导入到有限元软件中, 采用有限元分析的方法进行网格划分, 经过数值仿真模拟确定板料在无液室压力的条件下的压边力变化范围, 以及板料在恒定的压边力作用下的液室压力变化范围, 通过分析成形件质量, 选取成形质量最好的无液室压力的条件下的变压边力加载曲线, 和恒定的压边力作用下的液室压力加载曲线, 根据公式将液室压力加载曲线转换为液室液体溢流时对法兰区的附加压边力, 并与变压边力加载曲线进行叠加, 得到在变液室压力加载下的最优的变压边力加载曲线。

[0010] 实施例1

本实施例将该方法应用于车门外板的充液拉深成形中, 其中板料的材料为铝合金AA6009。通过有限元软件估算出板料的形状与尺寸, 板料的形状和尺寸如图2所示, 板料厚

度为1mm,用有限元软件的网格划分工具对曲面网格进行划分,并进行对网格进行检查和修补。

[0011] 实施步骤如下

(1)通过三维建模软件建立车门外板及其模具的模型,并导入到有限元软件中,选用多组压边力对板料进行拉深成形仿真,分析板料的拉深效果和成形情况,确定板料在无液室压力的条件下的压边力安全变化范围,即板料既不会发生起皱也不会发生破裂的压边力范围,该板料确定的压边力安全变化范围为550-1200KN;

(2)取压边力的安全变化范围内的四种加载波形进行模拟,即渐增模式、渐减模式、峰形模式和谷形模式,如图3所示,通过分析成形件的壁厚减薄情况和壁厚分布图,得出谷形模式压边力作用下,车门外板的成形质量最好;

(3)用 P_{cr} 表示液压力, σ_s 表示流动应力, R_b 表示坯料半径, R_d 表示凹模半径, r_d 表示凹模圆角半径,T表示板材厚度,则临界最小充液压力计算公式为

$$P_{cr} = 2R_p t [S_s g \ln \left(\frac{0.85 R_b}{R_d + r_d} \right) + S_s t (4r_d + 2t)] / [r_d (2R_d + r_d)]$$
,将具体的数值带入,计算出临界最小的充液压力为15MPa,通过选用多条变液室压力加载曲线进行数值模拟分析,确定板料在恒定的压边力作用下的液室压力安全变化范围为9-18MPa;

(4)取液室压力的安全变化范围内的数值进行模拟分析,如图4所示,通过分析拉深效果和成形件质量,选取成形效果最好的恒定的压边力作用下的液室压力加载曲线,即2号液压加载曲线;

(5)在保压阶段,液室液体发生溢流,所产生的溢流压力使板料贴紧压边圈,对法兰区形成了附加压边力。将该部分的2号液室压力加载曲线转换为法兰区的附加压边力曲线,如图5所示;

(6)将变压边力加载曲线和附加压边力曲线进行叠加,得到在变液室压力加载下的优化的变压边力加载曲线,如图6所示。

[0012] 在谷形的变压边力与变液室压力的协调控制下成形的零件,壁厚分度图如图7所示,可以计算出最小减薄率为23.9%,而优化后的变压力加载曲线与变压边力协调控制下成形的车门内板,其壁厚分布图如图8所示,最小减薄率为21.6%,厚更加均匀,最小壁厚值也有所增加,零件的成形质量得到了提升。

[0013] 所属领域的普通技术人员应当理解:以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

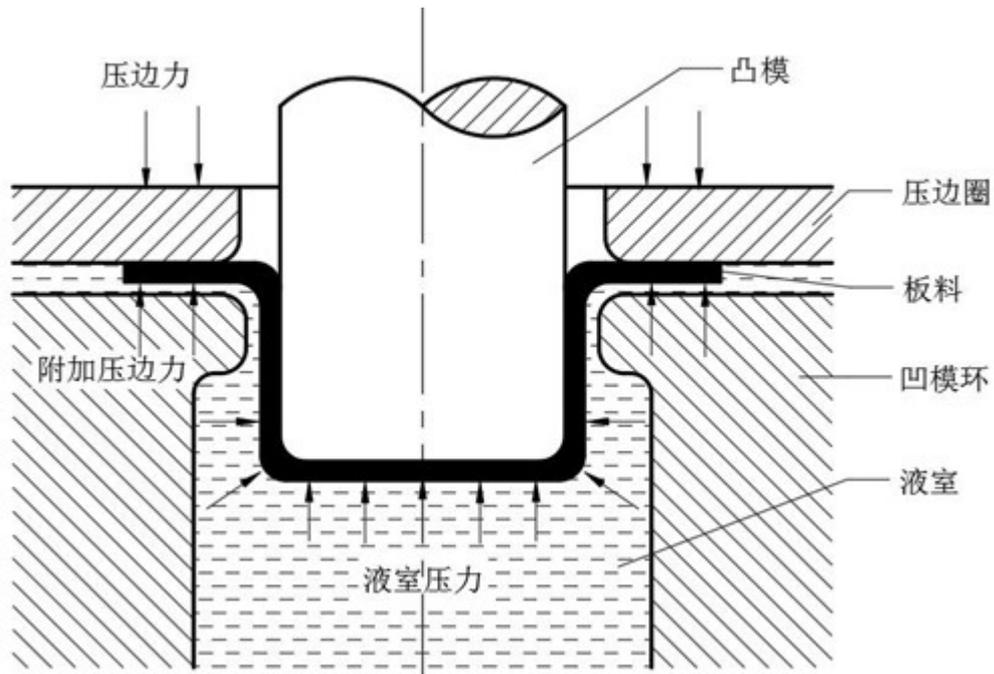


图1

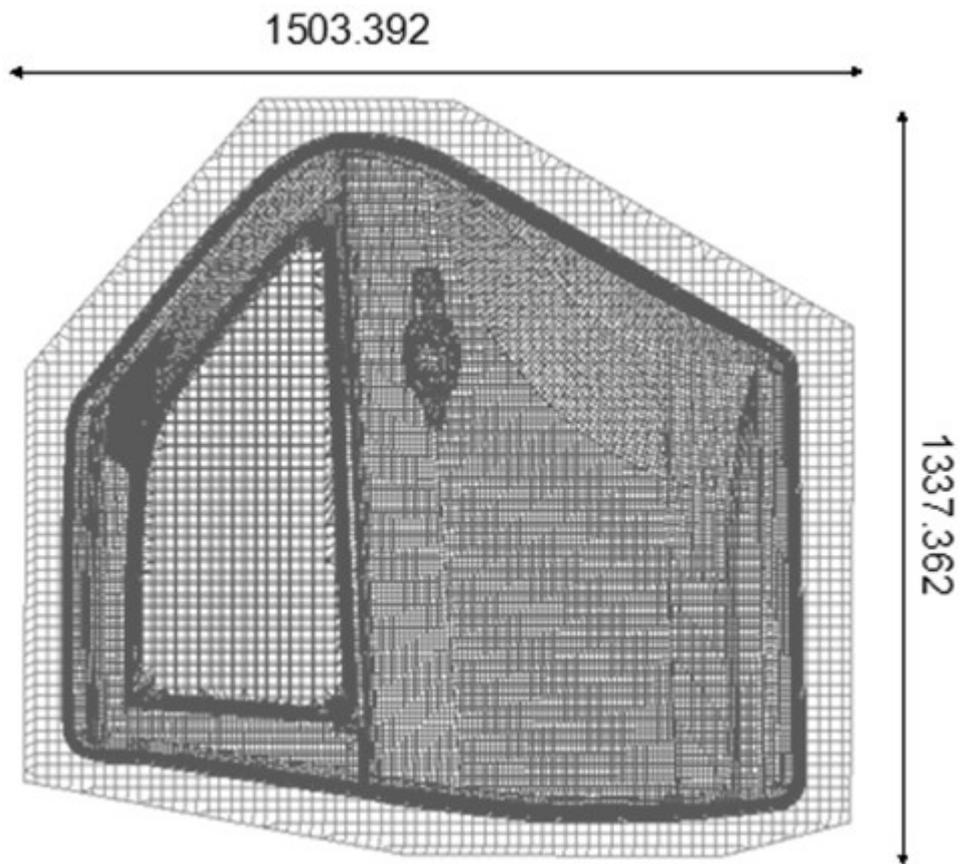


图2

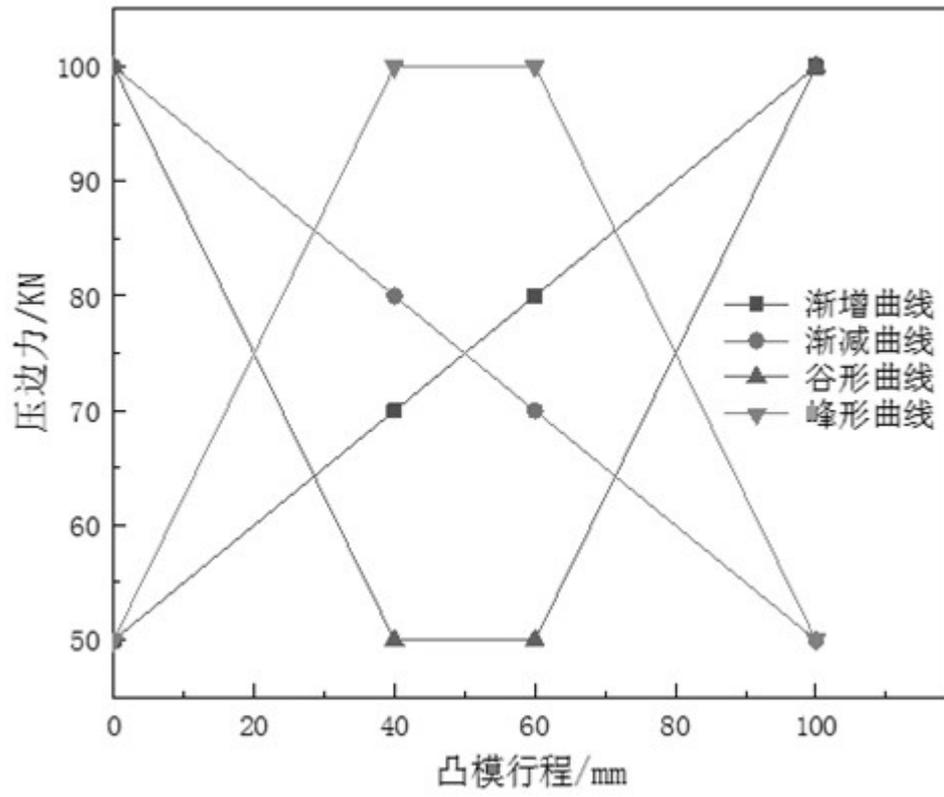


图3

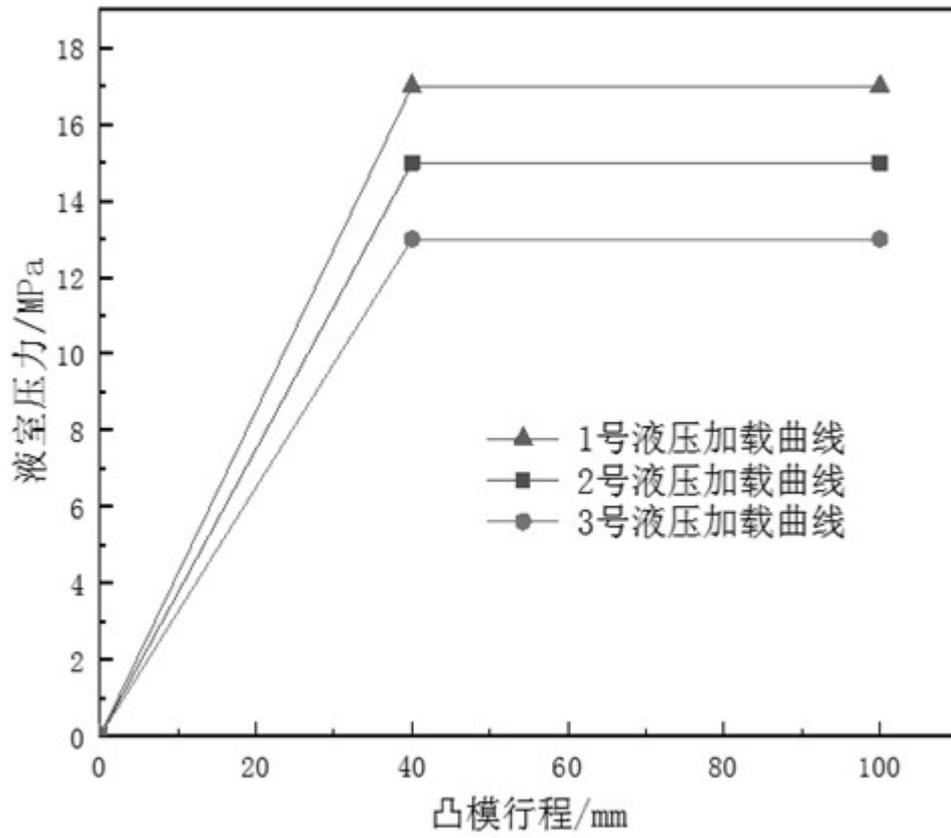


图4

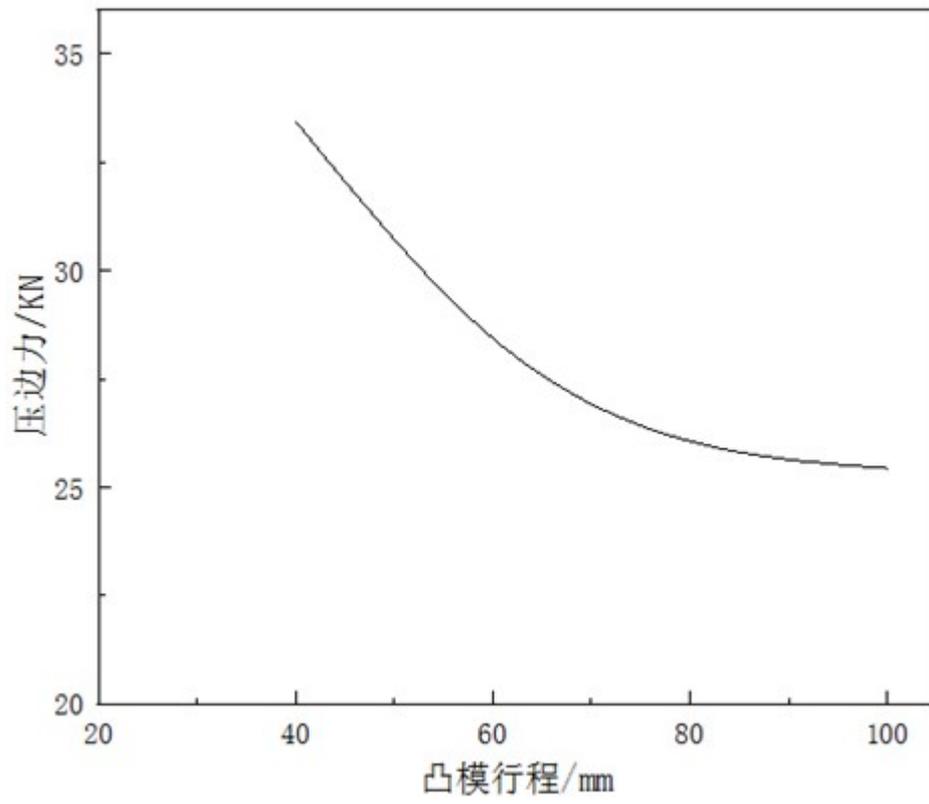


图5

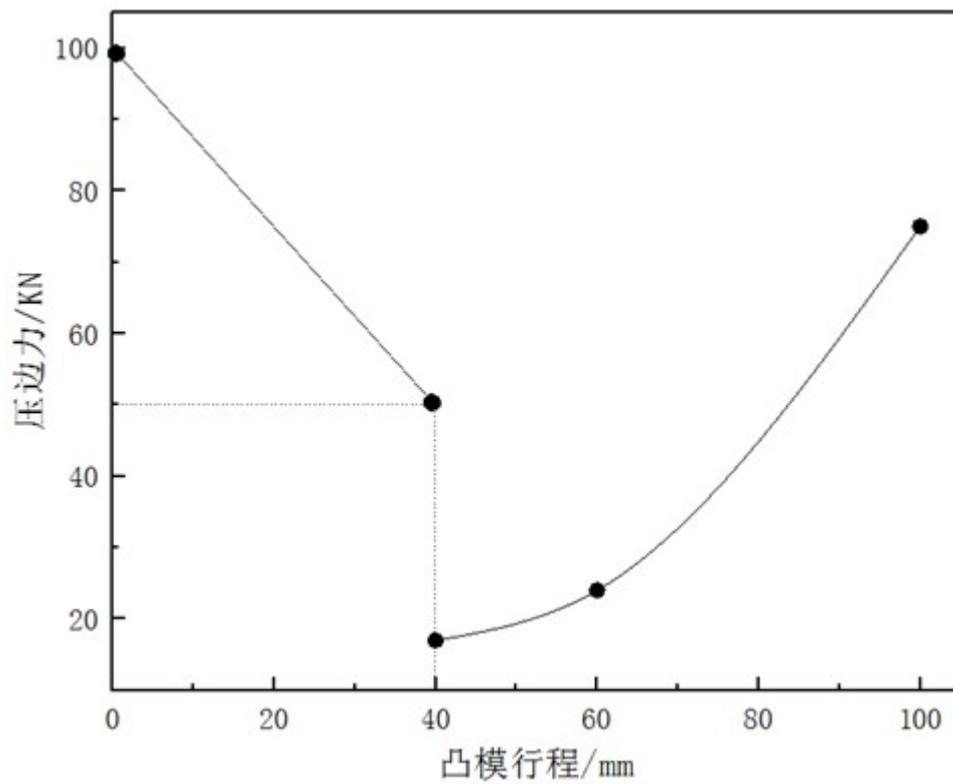


图6

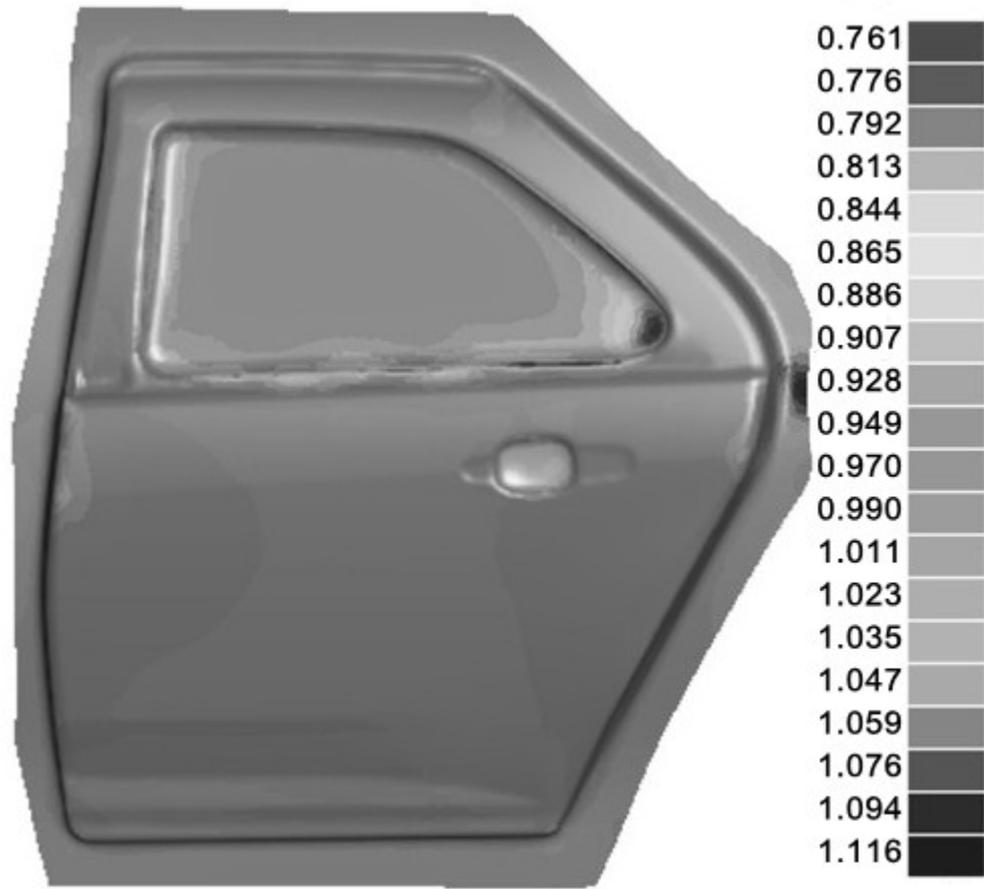


图7

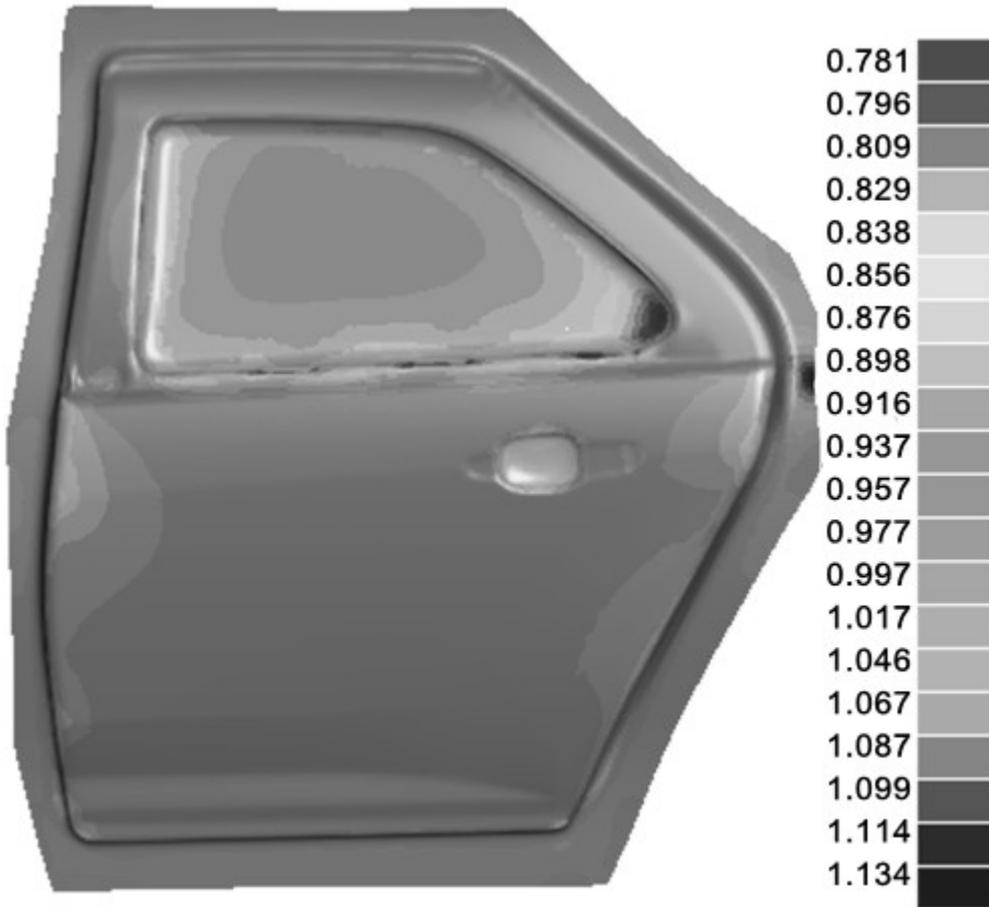


图8