

DYNAFORM - PC 在板料成形中的应用

何金保, 孙东明, 肖阳, 陈君若
(昆明理工大学机电学院, 云南昆明 650093)

摘要: 应用数值模拟软件 DYNIFORM - PC, 对具体板料成形的例子进行了数值模拟, 较完整地论述了 DYNIFORM - PC 软件在板料成形中的优势; 同时, 为防止零件起皱和断裂, 对压边圈的使用和压边力的确定也进行了论证, 通过数值模拟结果, 证实了给出的计算方法的实用性。

关键词: DYNIFORM - PC; 数值模拟; 板料成形; 压边圈; 压边力

中图分类号: TG306 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 855X(2004)06 - 0046 - 04

Application of DYNIFORM - PC Software in Sheet Metal Forming

HE Jin-bao, SUN Dong-ming, XIAO Yang, CHEN Jun-ruo

(Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: With the help of sheet metal forming, numerical simulation software "DYNIFORM - PC" is introduced concisely and the advantages of the software "DYNIFORM - PC" in sheet metal forming are demonstrated. At the same time, the applications of binder wrap and binder force are explained in order to eliminate the wrinkle and crack of blank. The validity of this method is convinced by the result of numerical simulation.

Key words: DYNIFORM - PC; numerical simulation; sheet metal forming; binder wrap; binder force

0 引言

在板料成形生产中, 一般用于试制模具需要近3年的时间, 而在市场竞争日渐激烈的情况下, 对降低成本, 缩短开发周期, 提高产品质量成为越来越迫切的要求。随着计算机技术的发展, 各种板料成形的模拟软件相继出现, 如 DYNIFORM - PC、AUTOFORM、SHEET - 3D、ABAQUS 等, 而 DYNIFORM - PC 是其中较为成功的软件之一。

DYNIFORM - PC 软件是美国 ETA 公司和 LSTC 公司联合开发研制的钣金成型模拟软件, 是基于 LS - DYNA 的板料成形模拟专用软件, 主要功能包括压边、拉延、弯曲、回弹、多工步成形在内的钣金成形过程、液压成形、辊轧成形、模具成形等。通过软件数值模拟, 可以全面了解板料在变形过程中的应力和应变分布, 预测各种成形缺陷的出现, 如起皱、裂纹, 预测成形过程中所需的载荷以及成形后的回弹, 给设计者提供了工艺分析和模拟设计的科学依据, 从而提高模具设计质量, 降低成本。DYNIFORM - PC 软件现已在世界各大汽车、航空、钢铁公司得到广泛应用。在国内, 中国一汽、上海宝钢、南京汽车等知名企业已成功应用。

1 DYNIFORM - PC 软件的应用

1.1 冲压的零件及要求

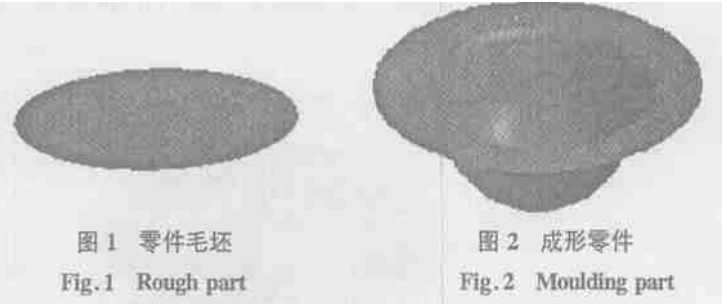
在昆明金马矿山机械厂, 有一套冲压模具, 该模具主要用来把毛坯(如图1所示)冲压成半球形形状零件, 如图2所示。以前压边力主要是由工人凭借经验来确定, 对不熟练者来说比较难以掌握。为了得到确定的压边力数据, 该厂也曾进行过实际实验, 但材料和人力浪费较大, 得到的压边力范围也不准确。为了解

收稿日期: 2004 - 04 - 05.

第一作者简介: 何金保(1979~), 男, 硕士, 主要研究方向: CAD/CAE 及应用. E-mail: perfectjhb@163.com.

决上述问题, 引入了 DYNIFORM - PC 软件, 该模具在通过计算机三维建模后如图 3 所示. 通过模拟, 得到了合理的压边力及其他参数, 以指导实际生产, 也为以后设计出合理的模具提供了参考.

该模拟过程的模型建立是在 DYNIFORM 中直接使用前处理器 (Pre - process) 中的工具来实现的, 在求解器 (Solver) 中对模型求解, 后处理器 (Post - gl) 可以对求解器进行分析.



1.2 DYNIFORM - PC 模拟的步骤

1) 在 DYNIFORM 中通过控制窗口下 Pre - process 中直线/点、表面等工具建立三维模型 (也可以从 UG、Solid Edge 等三维软件导入);

模型如图 3 所示. 完整的模拟应该包括压边圈模拟和模具冲压模拟 (回弹可在此步中实现). 当然压边圈并不是一定需要, 使用压边圈的临界条件如下^[2]:

$$100 \left[\frac{t}{2R_0} \right] \geq \frac{17}{\sqrt{n}} (1 - m) (1.18 - m) \quad (1)$$

式中: r 为压延件半径 (本模拟中使用如图 3 所示的凹模内半径), R_0 为毛坯半径, $m = \frac{r}{R_0}$ 拉深系数, n 为材料硬化指数, t 为毛坯厚度.

取 $t = 1.00 \text{ mm}$, $n = 0.22$, $m = 0.65$, $r = 52.00 \text{ mm}$

左边 = $100 \left[\frac{t}{2R_0} \right] = 0.63$

右边 = $\frac{17}{\sqrt{n}} (1 - m) (1.18 - m) = 6.72$

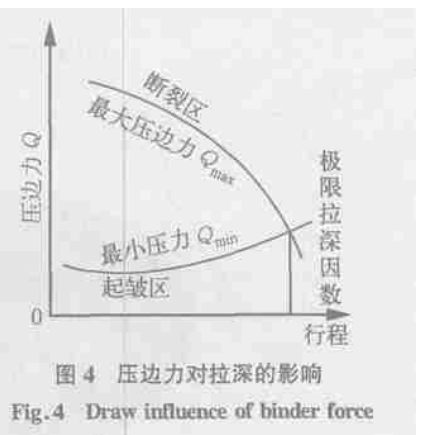
左边小于右边, 毛坯会起皱, 所以应该加压边圈.



2) 给各部件划分网格, 划分凸模和凹模网格时的最小值改为 1.5, 其他默认设置. 毛坯的网格线每边设为 20. 具体见图 3.

3) 定义毛坯、压边圈、凸模、凹模和设置材料性能参数 (采用传统冲压类型), 毛坯: 厚度: 1.00 mm 杨氏模量: $2.07 E + 05$ 屈服强度: $2.10 E + 02$ 泊松比: $2.80 E - 01$ 凸模: 运动速度: 10 m/s 运动距离: 50.00 mm 压边圈: 加压边力 300.00 kN

4) 凸模运动曲线和压边圈力的曲线, 压边圈所加的压边力是一个难点. 压边力有最大和最小压边力之分, 如图 4 所示. 最小压边力研究的较多, 而最大压边力比较难求. 在本模拟中, 采取用公式和试验相结合的方法来求压边力. 先通过公式计算获得压边力的估算值, 然后通过模拟验证, 并进一步模拟获得压边力的范围. 所加压边力的最小值可以通过下式计算^[2].



$$Q_{\min} = 4.71A \frac{y_0}{t} \frac{r^2}{4} \frac{1}{n^3} (1 - P)^{1+n} \frac{P \left\{ \frac{1}{n} \left[\left(\frac{P}{m} \right)^n - 1 \right] - l_n \frac{P}{m} \right\}^2}{\left[\frac{P}{m} - 1 \right] \left\{ \frac{1}{n} \left[\left(\frac{P}{m} \right)^n - 1 \right] - \frac{1}{1+n} \left[\left(\frac{P}{m} \right)^n - \frac{m}{P} \right] \right\}} \quad (2)$$

式中: A 是试件瞬时刻剖面面积, $p = \frac{R_t}{R_0}$, y_0 凸缘起皱的最大挠度, r 凸缘的内半径, 其它参数同

(1) 式,此模型中取 $R_t = r + \frac{R_0 - r}{2}$.

经估算先用300 kN的压边力加在压边圈上模拟,结果如图 5 所示.

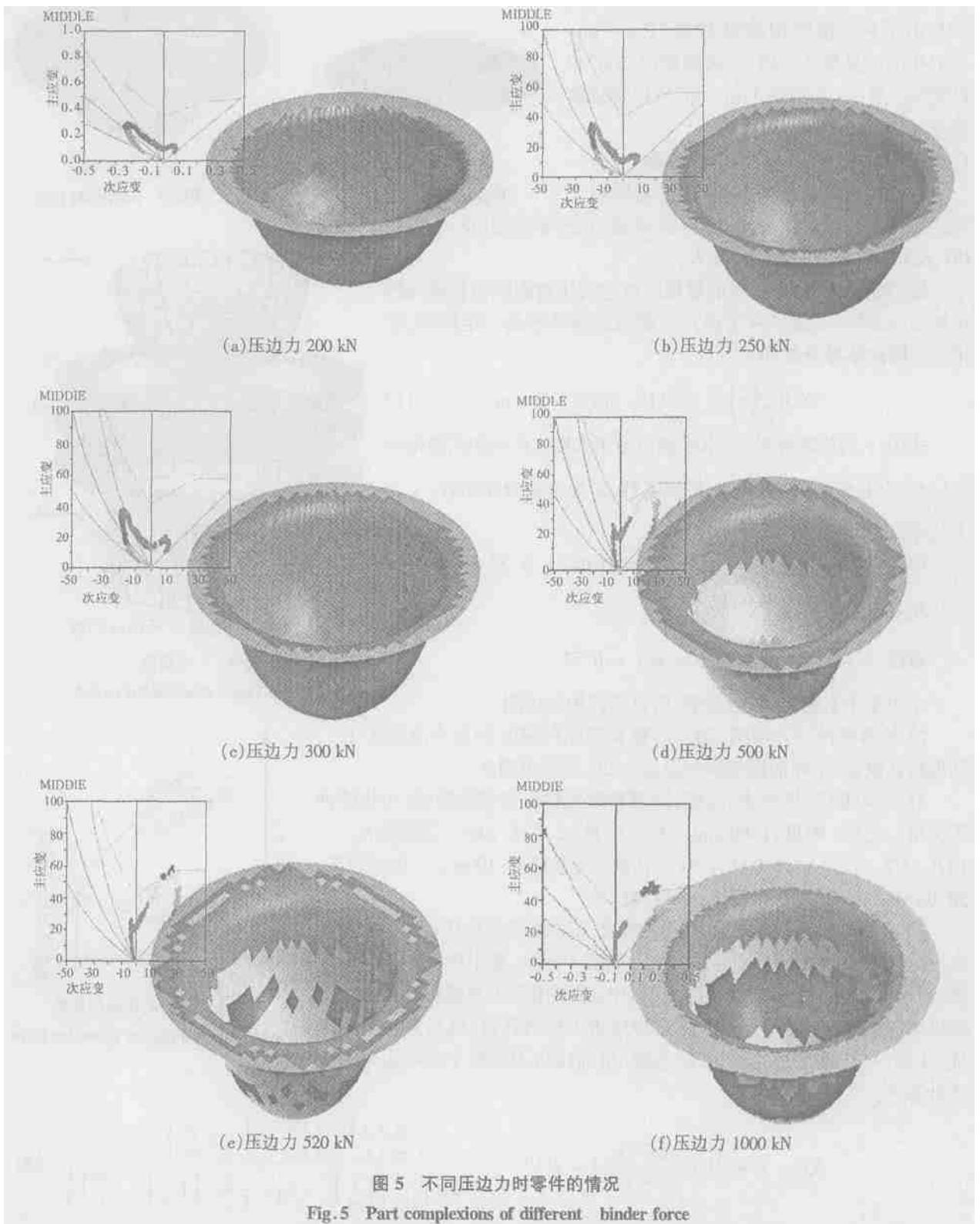


图 5 不同压边力时零件的情况

Fig.5 Part complexes of different binder force

5) 边界检查、网格方向检查、单元内角检查等,若需要可以设置边界条件,在 CHECK 下拉菜单中可以实现边界、网格方向、单元内角等检查. 检查结果在左下提示窗口中显示. 单元内角检查使用的内角参数

是 130° 。

6) 设置工具体及毛坯的位置, 在控制窗口下的 TOOLS 中设置凸模、凹模、压边圈、毛坯位置。其它参数默认其设置, 选中沿 Z 轴方向, 在距离项中输入 0.2, 单位 mm, 按下 APPLY 按钮。

7) 设置模拟参数, 执行模拟 (Run LS - DYNA), 在 Analysis 下拉菜单中, 选中 Run LS - DYNA, 此时在弹出的窗口可以选中回弹选项, 重力、时间、控制参数等默认其参数, 输入标题名后按下 OK 按钮执行模拟分析。

8) 利用后处理器分析结果, 调整参数直至满意, 输出结果后, 可以看到估计的压边力符合要求, 说明以上设置的参数是正确的。为了确定压边圈所加的压边力范围, 调整压边力进行模拟, 直至获得满意结果, 如图 5。

从图 5 可以看出, 压边力为 200 kN 时零件起皱, 而压边力为 250 kN 时零件符合要求, 压边力为 300 kN 和 500 kN 时零件也合格。压边力为 520 kN 时零件开始拉裂, 压边力为 1 000 kN 时拉裂严重。

为了验证模拟结果的正确性, 在昆明金马矿山机械厂使用钢板作

表 1 实际冲压结果

Tab. 1 Virtual result of pressing

了采用模拟中的压边力进行实际冲压。该钢板密度 $= 7.8 \text{ g/cm}^3$, 弹性模量 $E = 207 \text{ GPa}$, 屈服强度 200 MPa, 泊松比 0.28, 厚度 1 mm。冲压结果如表 1 所示:

压边力大小	200 kN	250 kN	300 kN	500 kN	520 kN	1 000 kN
冲压结果	起皱	不起皱	不起皱	不起皱	轻微断裂	严重断裂

这说明开始估算的压边力 300 kN 是合理的, 同时也可以看出压边力取 250 kN 至 500 kN 是比较适合。

2 结论

1) 压边力是冲压过程中一个十分重要的参数, 合适的压边力能够防止起皱和断裂等缺陷。而压边力的确定是模拟过程中比较复杂的步骤, 本模拟通过先估算再验证的方法能得到合适的压边力范围。

2) DYNIFORM - PC 软件较好模拟了板料成形的过程, 经实际检验其模拟结果与实际相符, 说明建模、边界条件、加工工艺及参数和压边力大小合理。

总之, 数值模拟技术大大缩短了模具设计开发周期, 提高了产品质量, 降低了成本, 满足市场要求。DYNIFORM - PC 软件在国外已广泛应用, 发达国家甚至达到商品化程度, 在国内只在少数企业使用, 因此其在国内应用前景广阔。

参考文献:

- [1] 岳陆游. DYNIFORM - PC 软件及其在钣金冲压中的应用[J]. 江苏大学学报, 2002, 11(6): 51 ~ 55.
- [2] 杨建华. 适合使用压边圈的临界计算及数值模拟[J]. 重型机械, 2001, (6): 45 ~ 48.
- [3] Bruce Morse. DYNIFORM - PC APPLICATIONS MANUAL[M]. Beijing. Engineering Technology Associates, Inc. 1999. 36 ~ 40.
- [4] Bruce Morse. DYNIFORM - PC TRAINING MANUAL[M]. Beijing. Engineering Technology Associates, Inc. 1999. 20 ~ 30.
- [5] 李硕本. 冲压工艺理论与新技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002. 25 ~ 33.
- [6] 吴诗淳. 冲压工艺及模具设计[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2002. 20 ~ 21.