

数值模拟在冲压工艺及模具设计教学中的应用

施于庆

(浙江科技学院 机械与汽车工程学院,杭州 310023)

摘要: 以杯形件拉深过程为例,探讨了 ANSYS/LS-DYNA 工程分析软件在冲压工艺及模具设计课程教学中的应用。将冲压工艺及模具设计的教学与 ANSYS/LS-DYNA 的有限元模拟技术相结合,使学生能更容易理解教学中的抽象概念,并运用有限元模拟技术拓展思路以提高学生学习的兴趣和激发学生学习的动力,从而提高了教学质量和教学效果。

关键词: 杯形件拉深;有限元模拟;冲压工艺及模具设计;ANSYS/LS-DYNA

中图分类号: G642.30;TG386.32

文献标志码: A

文章编号: 1671-8798(2016)06-0479-04

Application of numerical simulation on teaching in course of press-works and press-tools

SHI Yuqing

(School of Mechanical and Automotive Engineering, Zhejiang University of Science and Technology,
Hangzhou 310023, China)

Abstract: Taking deep-drawing of cup-shaped parts as an example, the teaching study on course of press-works and press-tools by FEM was discussed. The combination of teaching with FEM helps students to understand the abstract concepts in the course and broaden their perspectives in applying FEM. It also improves the student's interest in learning and simulate their motivation to learn, thus improve the teaching quality and teaching effect.

Keywords: deep-drawing of cup-shaped parts;FEM; press-works and press-tools; ANSYS/LS-DYNA

冲压工艺及模具设计课程是浙江科技学院材料成形及控制工程、机械设计制造及其自动化、车辆工程专业专业选修主干课程,主要内容为冲裁、弯曲及拉深等冲压工艺分析和模具设计基本方法。通过该课程的学习,要求达到能分析和解决一般冲压问题和设计模具的能力。在模具设计和制造过程中,目

收稿日期: 2016-01-26

基金项目: 浙江科技学院教学研究项目(2013-k1)

作者简介: 施于庆(1959—),男,浙江省杭州人,教授,硕士,主要从事板料成形及计算机仿真研究。

前主要还是根据设计经验的积累和不断反复的试模和返修,直到做出合格产品^[1]。因此,企业对毕业生有一定的工作经验要求。冲压工艺及模具设计的教学只能从最基本概念和设计方法开始讲授,学生要在较短的时间内掌握这些基本的概念和设计方法,在缺乏工程背景和经验不足的情况下,是存在着一定难度的。因此,教师摸索一些先进的教学方法和手段^[2-7],将一些基本要点传授给学生,能提高学生学习的兴趣和激发学生学习的动力。有限元模拟技术应用就是先进教学方法和手段之一。

伴随着计算机技术的发展,CAE(computer-aided engineering)技术越来越受到企业的重视。尤其是在浙江,模具企业众多,简单冲压模具设计制造逐渐转向复杂高端大型冲压模具设计制造,模具制造之前通过采用 CAE 数值模拟仿真技术将材料成形过程中的动态变化和可能产生的缺陷如起皱和拉裂显示出来,在预测、评估和优化工艺参数的基础上,分析得到比较可行的工艺方案,进而提高模具设计水平、缩短模具制造周期,降低模具生产成本,就变得越来越重要。CAE 技术与冲压工艺分析和模具设计结合,在工业发达国家使用比较普遍,然而中国还比较缺乏既懂冲压工艺及模具设计又能熟练应用 CAE 技术的专业人才。如果学生掌握 CAE 分析技术,就能极大地弥补缺乏工程背景和经验的不足。为此,笔者结合多年来的工程实践与教学及科学研究经验^[8-10],探讨如何在冲压工艺及模具设计课程教学中应用有限元分析来辅助教学。

1 教学中应用的有限元分析工程软件

板料冲压工程分析软件主要有 AUTOFORM、ANSYS/LS-DYNA 和 FASTFROM 等。选用 ANSYS/LS-DYNA 分析软件作为冲压工艺及模具设计课程中的辅助教学软件,是由于美国利弗莫尔软件技术公司(Livermore Software Technology Corporation, LSTC)研发的这款计算机辅助分析软件功能强大,足以计算模拟实际工程的各种复杂问题。它采用的是通用显式非线性有限元分析程序,将 Lagrange 算法结合了 ALE 和 Euler 算法,主要运用的求解功能为显式,兼顾求解的隐式功能,非常适用于解决板料金属成形等高度非线性瞬态动力学问题,如薄板冲压成形后的回弹计算等。其分析结果经过与工程实际的无数次验证相比较,完全可以证明该分析软件的准确性与可靠性。因此,作为大型通用有限元分析软件之一的 ANSYS 软件,是当代机械设计或产品分析计算不可缺少的计算机辅助工具。前处理模块、分析计算模块和后处理模块是软件的 3 个主要部分。一个强大的实体建模及网格划分工具放在前处理模块中,构造有限元模型对用户极其方便。但其后处理功能相对较差,于是美国 ANSYS 公司在 1997 年购买了 LS-DYNA 的使用权,形成了 ANSYS/LS-DYNA,弥补了上述不足^[8]。

2 ANSYS/LS-DYNA 计算分析流程

分析引擎 ANSYS/LS-DYNA 的系统涵盖:在建模中使用前置处理模块,提供给求解器进行求解计算,并由后处理模块分析。即把完成板料成形有限元模型的生成与输入文件的准备工作放在前置处理模块中,运用求解器进行有限元分析计算,根据求解器计算出的结果,交给模具设计人员或冲压工艺员作进一步分析研究。图 1 所示是在 ANSYS/LS-DYNA 软件中进行冲压模拟的分析流程。

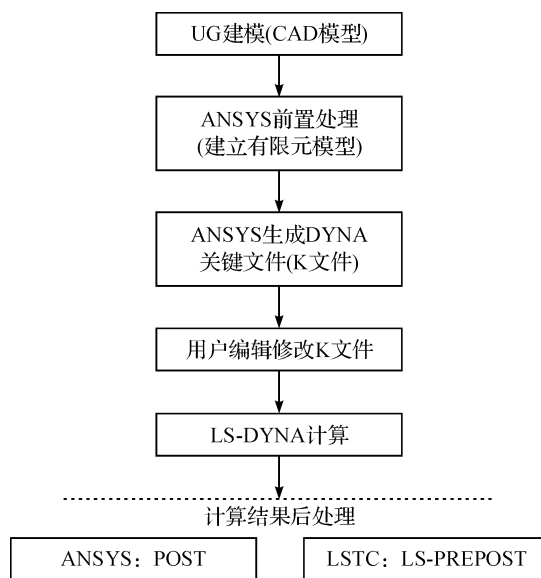


图 1 UG-ANSYS/LS-DYNA 联合建模求解技术的流程

Fig. 1 Modelling solution process by UG-ANSYS/LS-DYNA

3 教学中应用有限元分析软件的实例

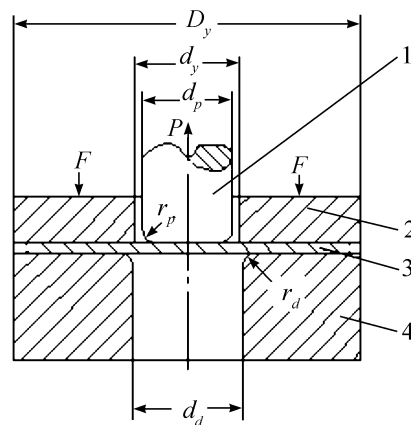
讲解拉深工序或拉深模具设计是冲压工艺及模具设计课程教学中的主要内容之一,如图2所示的模具结构是一种重要的板料成形工艺装置。冲头或凸模往下运动时,放在压边圈和凹模间的板料圆环部分就发生塑性变形,冲头或凸模将板料拉入凹模与凸模之间的间隙内,拉深完成后就形成了零件。毛坯在塑性区 $\left[\frac{\pi}{4}D_y^2 - \frac{\pi}{4}(d_d + 2r_d)^2\right]$ 区域内切向受压,径向受拉。如果压边力太小,则零件起皱;压边力太大,则零件破裂。另外,如果拉深系数(一般用 m 表示,为拉深后直径与拉深前坯料直径或半成品直径之比)小于材料极限拉深系数 m_{\min} ,则不能一次拉深成形(或发生拉裂),而要多次拉深成形。如果在课堂上讲解时,用抽象的文字叙述和简单的图形,上述课程内容对于缺乏工程实际经历的学生,比较难使他们留下深刻印象,

更无从谈起容易理解了。而现有实验教学只能提供给学生一定参数下的拉深过程和拉深模具结构,学生通过实验看到的只是合格的拉深件零件或产品,而不能看到拉深参数改变后的拉深结果。为此,取板厚2 mm,牌号为08Al作为研究有法兰的杯形件成形,在课堂教学中,运用ANSYS/LS-DYNA通过模拟结果及动画演示,达到直观地演示软件模拟拉深成形过程。如此,学生在直观感受的基础上就比较容易地理解概念了,并且书本理论知识也能与生产实际合二为一,使讲课的效率明显提高。

按照图2的拉深模型,设圆板直径115 mm,凹模内径45 mm,凸模外径40.8 mm;计算拉深系数后得到不能一次拉深成形的结论,否则要拉裂;或者压边力取值比较小的情况下,发生起皱现象等都可通过模拟得到^[9-10]。通过该拉深模拟使学生了解:计算拉深系数并判断能否一次拉深,压边力大小对起皱和拉裂的影响。

利用ANSYS实体建立模型(或三维CAD软件建模,导入ANSYS),经过定义单元、材料和划分网格,定义接触及设置工艺参数,约束及加载等(图3是加载前有限元模型)。设置分析参数并提交求解器计算得到,当压边力太小时发生起皱(图4),不能一次拉深成形;或当压边力太大时,发生了拉裂的成形极限图(forming limit diagram, FLD)(图5)。图6是杯形件的应力分布。

通过上述的模拟结果,帮助学生直观理解毛坯拉深时产生的塑性变形区域的应力和应变变化过程,沿筒壁高度方向的厚度等变化,以及凸模圆角上方发生破裂和法兰边缘发生起皱的变形机理等,从而弥补了传统教学及实验的不足之处,学生比较容易接受采用动画演示的模拟过程,进一步加深了印象。学生在理解的基础上修改有限元模型,得到自己想得到的分析结果,进一步理解拉深工艺及拉深模具设计。



1—凸模;2—压边圈;3—坯料;4—凹模。

图2 拉深模型

Fig. 2 Deep-drawing model

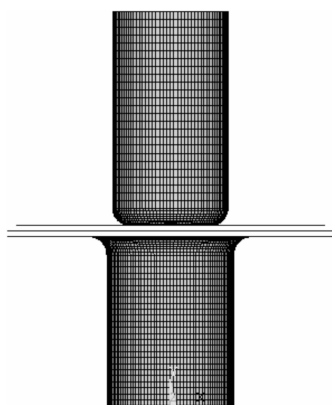


图3 有限元模型

Fig. 3 FEM model

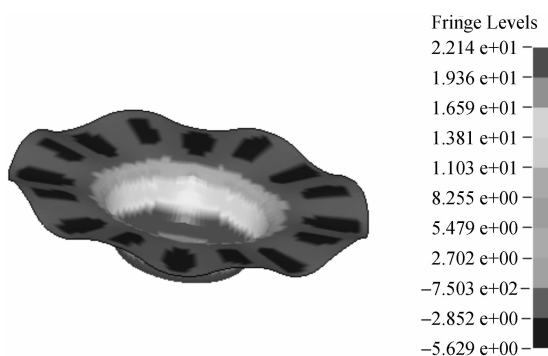


图4 拉深件起皱

Fig. 4 Deep-drawing parts with wrinkles

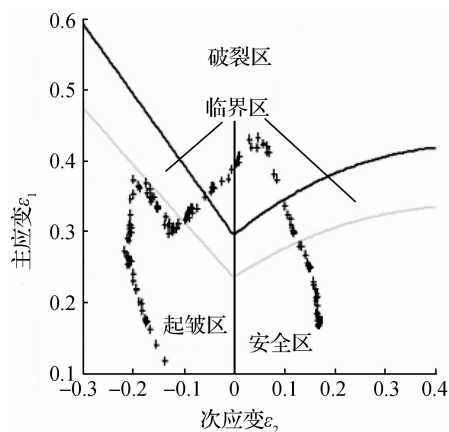


图 5 拉深件破裂的成形极限图

Fig. 5 FLD of deep-drawing parts with cracks

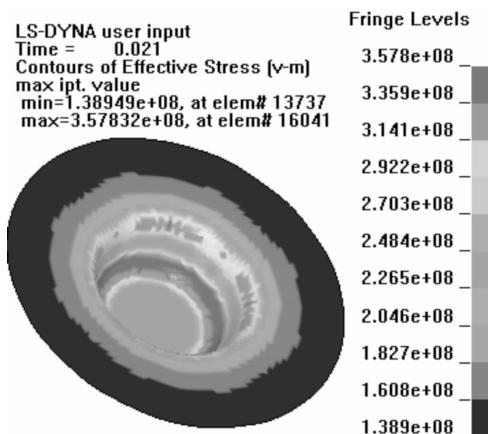


图 6 杯形件的应力分布

Fig. 6 Stress distribution of cup-shaped parts

4 结 语

有限元分析与冲压工艺及模具设计课程的教学相结合,将板料拉深力学分析和拉深结果直观地表达出来,使学生能够观察到拉深每步的过程和结果,激发了学生的学习兴趣 and 动力,从而让他们对有限元模拟技术能有效地解决许多冲压实际工程问题有了深刻的认识。

参考文献:

- [1] 周志明,黄伟九,王兴国,等.材料成型及控制工程专业 CAE 模块化教学改革探索[J].重庆科技学院学报(社会科学版),2012,23(1):172.
- [2] 杨俊杰,李尧,余五新,等.《冲压工艺及模具设计》课堂教学方法改革[J].教育教学论坛,2014,26(20):45.
- [3] 喻彩丽,吴坚,施于庆.德国 FH 实践教学模式对应用型人才培养的启示[J].浙江科技学院学报,2010,22(5):398.
- [4] 李云涛,诸亮,付丽,等.基于工程教育论证的专业课程与实践环节调整及优化[J].模具工业,2015,4(12):66.
- [5] 陈开源,王颖,欧积瑞,等.基于项目化教学的《塑料成型工艺与模具设计》课程改革与实践[J].模具工业,2016,42(1):71.
- [6] 王丽娟,高颖,张汉杰,等.对冲压工艺模具课程教学改革的几点体会[J].中国现代教育装备,2011,119(7):58.
- [7] 赵亚东,郝安林.《金属塑性成形原理》课程的教学探索[J].安阳工学院学报,2011,10(4):95.
- [8] 施于庆.冲压工艺及模具设计[M].杭州:浙江大学出版社,2012:259-261.
- [9] 施于庆,李凌丰.板料拉深有限元模拟冲模速度研究[J].兵器材料科学与工程,2010,33(3):75.
- [10] 施于庆,祝邦文.金属塑性成形原理[M].北京:北京大学出版社,2016:157.