

初锻温度对导套模锻成形影响规律的分析

王姝俨, 夏华

(重庆理工大学, 重庆 400054)

摘要: **目的** 通过数值模拟, 找到合理的初锻温度, 使导套在合理的工艺参数下更好成形。**方法** 结合 Deform 软件对导套的成形过程进行数值模拟, 重点分析了零件在冷挤压成形过程中的应力场、应变场的变化情况。**结果** 通过模拟确定出了合理的初锻温度。**结论** 导套在 1000 °C 的初锻温度下的成形效果最好。

关键词: 导套; 初锻温度; 数值模拟; 精密锻造

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2016.04.012

中图分类号: TG316 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-6457(2016)04-0065-04

Analysis on the Influence of Initial Forging Temperature on the Formation of the Guide Bushing

WANG Shu-yan, XIA Hua

(Chongqing University of Technology, Chongqing 400054, China)

ABSTRACT: The aim of this study was to use numerical simulation and determine a reasonable initial forging temperature of the guide bushing, and make it form well under reasonable parameters. Combining DEFORM, numerical simulation was conducted for the formation of guide bushing, with focus on the analysis of the change in stress field and strain field of the components in the cold extrusion process. Reasonable initial forge temperature was determined by the simulation. Formation has the best effect when the guide bushing is at 1,000 °C initial forging temperature.

KEY WORDS: guide bushing; initial forging temperature; numerical simulation; precision forging

精密锻造成形技术是先进制造技术的重要组成部分,也是汽车、矿山、能源、建筑、航空、航天、兵器等行业中应用广泛的零件制造工艺。经过 30 多年的发展,精密锻造成形技术得到了飞速发展,取得了众多的研究成果,并且同传统成形工艺相比,可改善生产条件并减少对环境的污染,成为了一种清洁生产技术,为可持续发展创造了有利条件^[1-3]。随着汽车行业的迅猛发展,精密锻造要求应用先进的技术进行工艺的分析、评估^[4],有限元数值模拟就

是其中较好的一种方法^[5-7]。

在锻造过程中,为避免锻件成形缺陷,改善锻件性能,可以通过改变锻坯材料来提高锻件质量,也可以通过锻件成形后热处理来改善锻件的性能,但改变材料有可能使锻压过程中出现新的缺陷、材料费用过高等问题,或影响模具寿命^[8],因此,工艺参数的合理性对于获得精锻外部良好的成形特征及内部细化均匀的组织性能,有着至关重要的作用。

本文采用 Deform 软件对导套模锻成形过程进行

收稿日期: 2016-06-11

作者简介: 王姝俨(1992—),女,重庆人,硕士,主要研究方向为精密体积成形工艺。

通讯作者: 夏华(1959—),男,重庆人,教授,主要研究方向为精密体积成形工艺及模具设计。

三维数值模拟^[9-13],比较不同初锻温度对导套成形的影响,分析找出合理的初锻温度和连皮厚度,以使得导套在合理的工艺参数下成形更好。

1 有限元建模

本次模拟对象为导套三维模型,如图1所示,根据导套尺寸,制定出锻件图^[13-15],并确定连皮厚度为5.5 mm,选用直径为 $\Phi 82$ mm的坯料,其长度根据冲孔连皮而定,确定为62 mm。

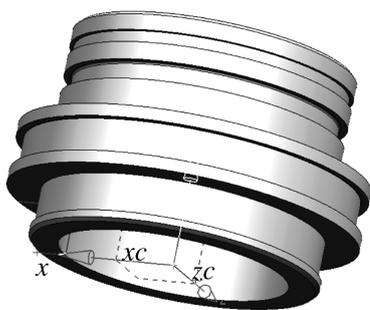


图1 导套三维模型

Fig. 1 Three-dimensional model of the guide bushing

利用三维造型软件UG获得种模具结构及初始坯料的三维几何模型,然后转换成通用图形格式STL导入到Deform-3D前处理的Geometry模块中。坯料材质为45钢,在Deform材料库中选择相应的DIN-C45[70-200F(20-1100C)],材料模型采用软件自带的刚黏塑性流动应力模型。室温为20℃,采用四面体单元网格,网格数为20 000。坯料初锻温度设定为700, 850, 1000℃。

凸凹模材质为H-13,在Deform材料库中选择相应的AISI-H-13[1450-1850F(800-1000C)],温度均定为300℃。成形导套的数值模拟简化模型见图2。

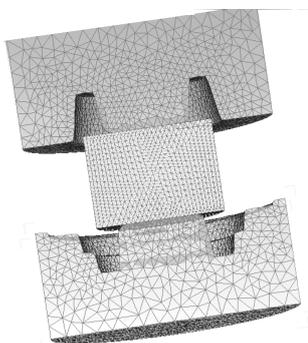


图2 数值模拟简化模型

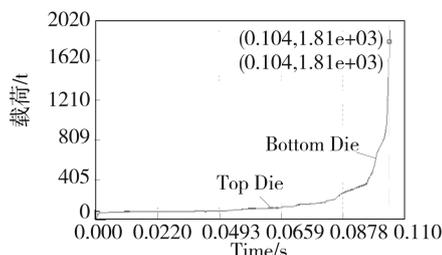
Fig. 2 Numerical simulation of the simplified model

2 有限元分析

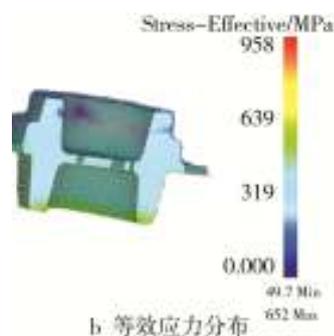
为研究温度对导套模锻成形性能的影响,零件连皮厚度取为5.5 mm,温度取700, 850, 1000℃。根据连皮厚度的不同,坯料尺寸为 $\Phi 82$ mm \times 59 mm。

2.1 初锻温度为700℃时的模拟分析结果

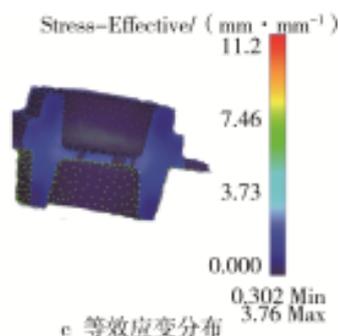
初锻温度为700℃时,成形过程的行程-载荷曲线、等效应力和应变分布见图3。



a 行程-载荷曲线



b 等效应力分布



c 等效应变分布

图3 初锻温度为700℃时的模拟分析结果

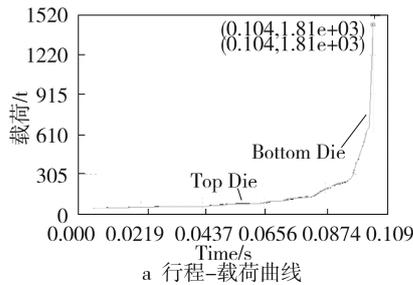
Fig.3 Simulation results when $T = 700$ °C

2.2 850℃时的模拟分析结果

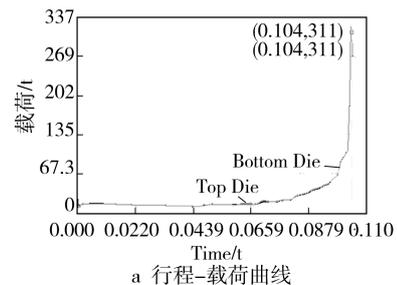
初锻温度为850℃时,成形过程的行程-载荷曲线、等效应力和应变分布见图4。

2.3 初锻温度为1000℃时的模拟分析结果

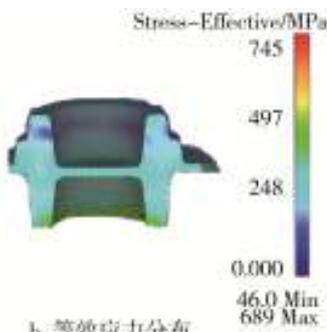
初锻温度为1000℃时,成形过程的行程-载荷曲



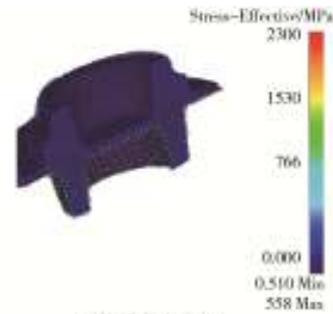
a 行程-载荷曲线



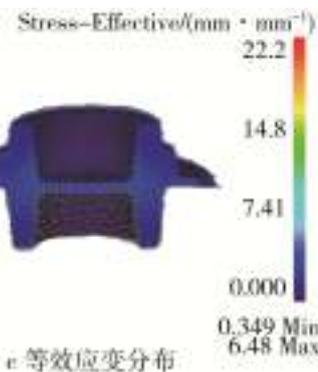
a 行程-载荷曲线



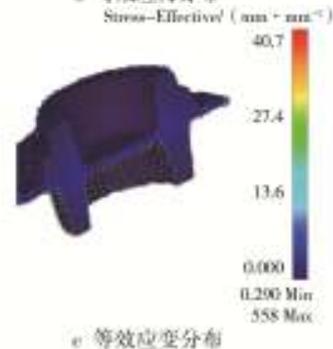
b 等效应力分布



b 等效应力分布



c 等效应变分布



c 等效应变分布

图 4 初锻温度为 850 °C 时的模拟分析结果
Fig. 4 Simulation results when $T = 850\text{ }^{\circ}\text{C}$

图 5 初锻温度为 1000 °C 时的模拟分析结果
Fig.5 Simulation results when $T = 1000\text{ }^{\circ}\text{C}$

线、等效应力和应变分布见图 5。

3 结果分析

从表 1 中可以看出，随着温度的上升，成形载荷逐渐降低，在初锻温度为 700 °C 时最大，在 1000 °C 时最小。流动应力在初锻温度为 850 °C 时最大，为 689 MPa，在初锻温度为 1000 °C 时最小，为 558 MPa。最大应变在初锻温度为 850 °C 时最大，为 6.48，在初锻温度为 700 °C 时最小，为 3.76。综上分析，在以上 3 种初锻温度中，1000 °C 时，成形结束时的应力、应变分布更为均匀，充填情况较良好，成形载荷相对较小。这是因为，随着坯料初锻温度的升高，引起的材料软化效果增强，使得材料的塑性增加，变形抗力下降，从而等效应变最大值随之增大，且分布更加均匀，说明高温的热效应有利于减小变形

过程各处材料流动能力差异，使充型充足均匀，且大大缩短了成形时间。

表 1 不同温度下的模拟结果比较

Table 1 The results comparison under different temperatures

初锻温度/ $^{\circ}\text{C}$	成形载荷/t	最大流动应力/ MPa	最大应变/ $(\text{mm} \cdot \text{mm}^{-1})$
700	1.81×10^3	652	3.76
850	1.45×10^3	689	6.48
1000	311	558	5.47

4 结论

通过对导套模锻成形过程的数值模拟，分析了其在成形过程中成形载荷、等效应力、等效应变的变化情况及分布发现，随着坯料初锻温度的升高，成形结束时的应力应变分布更为均匀，充填情况较良好，成形载荷相对较小，即导套成形时选取初锻温度为 1000 °C，导套成形效果最好。

参考文献:

- [1] 王忠雷, 赵国群. 精密锻造技术的研究现状及发展趋势[J]. 精密成形工程, 2009, 1(1): 32—38.
WANG Zhong-lei, ZHAO Guo-qun. Research Situation and Development Trend of Precision Forging Technology[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2009, 1(1): 32—38.
- [2] 高峻. 精密锻造技术的研究进展与发展趋势[J]. 精密成形工程, 2015, 7(6): 39—43.
GAO Jun. Research Progress and Development Trend of the Precision Forging Technology[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2015, 7(6): 39-43.
- [3] 蒋鹏. 国内精密锻造技术的近期状况[J]. 锻压技术, 2002, 29(3): 12—13.
JIANG Peng. Recent Condition of Precise Forging Technology in China[J]. Forging Technology, 2002, 29(3): 12—13.
- [4] 朱伟成. 汽车零部件精密锻造技术[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1999.
ZHU Wei-cheng. Precision Forging Technology of Automobile Parts[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 1999.
- [5] 黄少东. 带底深孔空心件热成形工艺改进分析[J]. 精密成形工程, 2014, 6(7): 27—32.
HUANG Shao-dong. Improvement Analysis of Thermoforming Technology for Bottomed Hollow Part with Deep Hole[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2014, 6(7): 27—32.
- [6] 刘扬. 汽车轮毂轴承单元精锻成形工艺分析及有限元模拟, 2009.
LIU Yang. The Process Engineering Analysis and Numerical Simulation on Precision of Hub Bearing Unit, 2009.
- [7] 陈杰, 张治民. 有限元数值模拟在精密塑性成形中的应用[J]. 重型机械科技, 2007(2): 8—10.
CHEN Jie, ZHANG Zhi-min. Application of Finite Element Simulation in Precision Plastic Forming[J]. Heavy Machinery Science and Technology, 2007(2): 8—10.
- [8] 张颖, 郝新, 陈林. 有限元模拟技术在改变锻件流线方面的应用[J]. 金属铸锻焊技术, 2008(7): 50—52.
ZHANG Ying, HAO Xin, CHEN Lin. Application of Finite Element Simulation in Changing Streamline of Forging[J]. Casting-Forging-Welding, 2008(7): 50—52.
- [9] 刘建生. 塑性成形数值模拟[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
LIU Jian-sheng. Numerical Simulation of Plastic Forming[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2014.
- [10] 胡建军, 李小平. DEFORM-3D 塑性成形 CAE 应用教程[M]. 北京: 北京大学出版社, 2011.
HU Jian-jun, LI Xiao-ping. DEFORM-3D Plastic Molding and CAE Application Tutorial[M]. Beijing: Peking University Press, 2011.
- [11] 刘雅辉. 过滤器冷挤压模具设计及数值模拟[J]. 精密成形工程, 2015, 7(1): 42—46.
LIU Ya-Hui. Mold Design and Numerical Simulation of cold Extrusion for Filter[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2015, 7(1): 42—46.
- [12] 张洪武. 有限元分析与 CAE 技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
ZHANG Hong-wu. Finite Element Analysis and CAE Technology Base[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2004.
- [13] 马婷婷. 基于 Deform-3D 的车用下轴套零件冷挤压模具结构优化设计[J]. 精密成形工程, 2015, 7(4): 26-30.
MA Ting-ting. Optimized Design of Die Structure of Automobile Bushing Parts during Cold Extrusion Processing Based on Deform-3D[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2014, 6(4): 26—30.
- [14] 夏巨谟. 金属材料精密塑性加工方法[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007.
XIA Ju-chen. Metal Materials and Precision Plastic Processing Method[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2007.
- [15] 吕炎. 锻模设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
LU Yan. Forging Die Design Manual[M]. Machinery Industry Press, 2006.