

基于 Deform-3D 的汽车零件冷挤压成形方案研究

龚红英, 朱 卉, 徐新城, 朱颖诚, 杨 青

(上海工程技术大学 材料工程学院, 上海 201620)

摘要: 传统的挤压工艺往往是根据经验经反复试模修模加以确定的, 存在周期长、成本高的问题。基于 Deform-3D 软件平台, 通过对六角碗汽车零件采用正、反两步冷挤压和复合冷挤压两种成形方案进行相应的数值模拟试验, 分别对最大应力、最大应变、最大整体流动速度等模拟试验结果加以比较分析, 认为经复合冷挤压成形方案制造六角碗汽车零件的零件成形性能较正、反两步冷挤压方案更优, 采用复合冷挤压成形方案更为合理, 最终经实际生产证明了采用复合冷挤压成形方案制造六角碗汽车零件是切实可行的。

关键词: Deform; 有限元模拟; 挤压成形; 汽车零件

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3940.2010.05.004

中图分类号: TG315 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3940 (2010) 05-0016-04

Study on cold extrusion forming plans of automobile part based on Deform-3D

GONG Hong-ying, ZHU Hui, XU Xin-cheng, ZHU Ying-cheng, YANG Qing

(Material Processing Engineering Department, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: The traditional process of extrusion is often determined based on experiences, which requires repeatedly testing and repairing dies, and there exists a long cycle and high-cost problems. Two cold extrusion programs of hexagonal bowl part were simulated based on the Deform-3D software, the two-steps extrusion included the first direct cold extrusion and the second inverted extrusion and the combined cold extrusion. The simulated test results of maximum strain-effective and maximum stress-effective and maximum velocity-total distribution were comparatively analysed. The forming-ability of the hexagonal bowl part which is applied the program of combined cold extrusion to making is better than the other program, so the program of combined cold extrusion is more reasonable. At last, the combined cold extrusion program is feasible to form hexagonal bowl part by practicable production.

Keywords: Deform; FEM; extrusion forming; automobile part

随着现代经济的迅速发展, 制造业在新的历史条件下面临着更多的压力, 需要最大程度地减少研发、生产的成本, 计算机辅助工程在此背景下孕育而生, 帮助企业有效地解决了周期长、成本高的问题, 在实际生产中应用愈来愈广泛。Deform 是用于体积成形模拟的成熟商用专业软件, 正在被广泛采用: 杜海威等^[1]对变径空心锻件锻造过程进行数值模拟优化, 减小了产品与模具的接触面积, 得出最佳成形方案并在实际生产中得到应用; 张昌明、张会^[2]采用有限元数值模拟试验, 分析了 2A12 铝合金的锻模模膛充填能力; Soo-Young Kim 等^[3]通过 Deform 模拟了用于汽车转向的斜齿轮的冷挤压和热处理, 模拟结果与实际生产非常接近; Satisha G D 等^[4]用 Deform 分析前轴梁的成形过程, 改进了衬

垫最佳断面尺寸, 这些已经取得的进步为该六角碗汽车零件的挤压成形工艺方案的确定提供了借鉴与参考。

1 零件介绍及其备选成形方案阐述

1.1 六角碗汽车零件特性

六角碗形零件采用的材料为: AISI-1020 (美国牌号), 相当于中国的 20[#] 钢, 属于优质低碳碳素钢、冷挤压钢, 具有强度低, 韧性、塑性好等成形特点。六角碗汽车零件属于杯-杆形零件, 其杆形部分外表面为 PT1/8-28 的锥螺纹, 即 GB/T 7306.1-2000 1/8, 锥度为 1:16, 螺距 0.907 mm, 牙型角 55°, 牙高 0.581 mm, 大径 (基准直径) 为 9.728 mm, 小径为 8.566 mm; 杆形部分内有直径为 3.3 mm 的通孔, 具体尺寸如图 1 所示。

按照此零件外形特点, 如全部采用切削加工, 则会产生大量切削余料, 造成材料浪费, 且加工时间较长。故应先采用冷挤压成形, 制成与零件近似

收稿日期: 2010-04-13; 修订日期: 2010-08-02

基金项目: 上海市教委创新重点项目 (09ZZ192); 上海市重点学科建设项目 (J51402)

作者简介: 龚红英 (1974—), 女, 博士, 副教授

电子信箱: ghyw@163.com

格重划分时进行相应的体积补偿, 设为 5%。

(3) 在成形方案 I 中, 零件在进行反挤压成形前, 由于经过之前的正挤压, 因此在挤压方向 (Z 轴) 上发生了一定的偏移。为使模拟能够正常进行, 导入反挤压模具后, 应修正零件与模具的位置关系和接触关系。同时考虑到正挤压后, 模型网格上的各节点均存在速度, 为了更接近实际生产情况, 须将网格各节点的速度清零。另外, 需重新计算体积补偿量, 体积补偿方式不变^[9-10]。

(4) 在方案 I 中设置正挤压 100 步、反挤压 100 步是为了保证凹模更换前后的尺寸都达到预期精度, 在方案 II 中因为是一次复合挤压成形, 故没有必要为了刻意保持模拟的时间步数一致而设置为 200 步, 因为设置成 100 时间步的计算精度已经较高, 同时大大节约了模拟试验时间。

2 数值模拟结果分析及其最终成形方案的确定

2.1 两种成形方案数值模拟试验结果分析

按照成形方案 I 进行冷挤压成形模拟, 零件的最终形状如图 2a 所示, 整个成形模拟过程共进行了 183 步。按照成形方案 II 进行成形模拟, 零件的最终形状如图 2b 所示, 整个模拟过程共进行了 93 步。

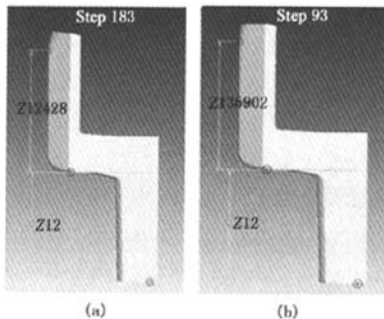


图 2 模拟成形零件的最终挤压形状

(a) 方案 I (b) 方案 II

Fig. 2 Final forming shape of part in simulation

(a) No. 1 program (b) No. 2 program

计算完成后, 在 Deform-3D 后处理中查看模拟数值云图。根据方案 I 的模拟结果可知, 零件在挤压成形过程中获得的最大应变为 17.3, 最大应力为 1320 MPa, 最大总体流动速度为 $5.35 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ (图 3)。而采用方案 II 获得的最大应变为 21.4, 最大应力为 1350 MPa, 最大总体流动速度为 $5.25 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ (图 4)。比较应变可知, 由于成形方案 I 采用的是正、反两步挤压的成形工艺方案, 所以其变形过

程中所得的最大应变值与方案 II 相比略小。比较应力可知, 方案 I 在进行正挤压时获得的凹模锥角比成形方案 II 正挤部分的凹模锥角要大, 但由于复合挤压的挤压力本身就会比单纯的正挤压和反挤压的挤压力要小, 所以成形方案 I 比成形方案 II 获得的最大应变值略小。比较金属总体流动状况可知, 由于成形方案 I 进行第一步正挤压时, 采用了较大的凹模锥角, 此部位在后续的反挤压成形时得到整形, 最终达到此冷挤压件所要求的形状要求。从图 3c 可以看出, 该部位金属流动不是很均匀顺畅。而方案 II, 由于采用的是一步成形的复合挤压, 所以该部位金属流动更连续顺畅, 如图 4c 所示。

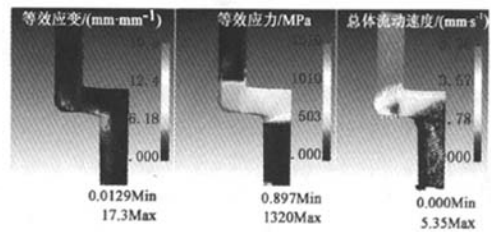


图 3 采用成形方案 I 获得的零件模拟结果示意

(a) 应变分布 (b) 应力分布 (c) 总体流动速度分布

Fig. 3 Schematic diagram of simulation results on No. 1 program

(a) Strain-effective distribution (b) Stress-effective distribution
(c) Velocity-total distribution

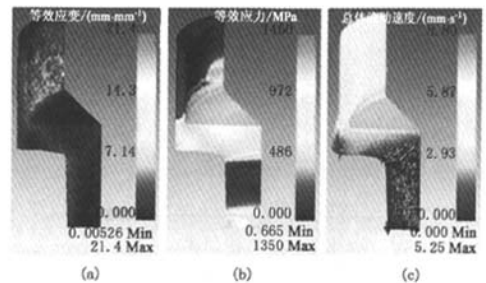


图 4 采用成形方案 II 获得的零件模拟结果示意

(a) 应变分布 (b) 应力分布 (c) 总体流动速度分布

Fig. 4 Schematic diagram of simulation results on No. 2 program

(a) Strain-effective distribution (b) Stress-effective distribution
(c) Velocity-total distribution

2.2 最终成形方案的确定

分析两种方案的最终挤压成形结果, 从尺寸精度来看都满足要求, 两者的最大等效应力也相近。但是方案 II 中, 金属流动更为连续、流畅, 且一步复合挤压成形比两步挤压成形更为省事和方便, 在减少制作一副工序模具的同时, 还省去由此附加的热处理和润滑处理工序, 较大的减少了制造成本与时间, 因此用方案 II 生产该零件更合适。随后将此

次模拟试验获得的挤压成形方案应用到该零件的实际模具制造和工艺方案的编制中, 最终获得了满意的实际冷挤压成形零件, 如图 5 所示。



图 5 实际冷挤压成形零件

Fig. 5 Practical cold extrusion forming part

3 结论

(1) 基于 Deform-3D 软件有限元计算分析能力的基础上, 用实例验证了 Deform-3D 进行数值模拟分析的基本过程, 并在凹模更换时充分考虑了结点速度为零的现实情况, 使挤压模拟结果更可靠。

(2) 通过分析数值模拟的结果, 比较了六角碗汽车零件的两种成形方案的差异, 最终确定采用复合挤压的方案制造该零件更为合理, 为冷挤压该零件的成形工艺分析提供理论依据, 也对金属体积成形的有限元模拟提供参考, 对实际生产中的成形工艺方案改进有一定指导意义。

参考文献:

- [1] 杜海威, 刘凯泉, 郭义. DEFORM 软件在加工制造业中的应用 [J]. 一重技术, 2008, 123 (3): 103-105.
- [2] 张吕明, 张会. 采用 DEFORM-3D 对 2A12 铝合金锻造变形的模拟研究 [J]. 锻压技术, 2009, 34 (6): 140-142.
- [3] Soo-Young Kim, Satoshi Kubota, Masahito Yamanaka. Application of CAE in cold forging and heat treatment processes for manufacturing of precision helical gear part [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2008, 201: 25-31.
- [4] Satisha G D, Singhb N K, Ohdarb R K. Preform optimization of pad section of front axle beam using DEFORM [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2008, 203: 102-106.
- [5] 薛水栋, 韩静涛. 基于 DEFORM 的金属压力加工数值模拟 [J]. 冶金设备, 2007, 164 (4): 34-36.
- [6] 袁安富. 细长梯形花键的挤压成型 [J]. 机械科学与科学, 2008, 27 (10): 1149-1153.
- [7] 孙建, 张水忠. 基于 DEFORM-3D 的离合块冷挤压工艺优化 [J]. 锻压技术, 2009, 34 (5): 12-15.
- [8] 杨程, 赵升吨, 王军, 等. 挤压筒摩擦对正挤压成形影响的研究 [J]. 锻压技术, 2009, 34 (2): 38-39.
- [9] 孙继旺, 付建华, 李永堂, 等. 基于 Deform-3D 的后桥半轴摆辗新工艺分析 [J]. 锻压技术, 2009, 34 (3): 160-163.
- [10] 周勇, 傅黎安. 基于 DEFORM-3D 的微型螺钉冷成形过程有限元分析 [J]. 机械设计与制造, 2008, (3): 109-111.



美国联合发展公司

北京异辉机电有限公司

北京异辉机电有限公司是美国联合发展公司在华成立的独资企业、北京市高新技术企业, 专业从事用电液锤 (液气锤) 技术对蒸汽—空自由锻锤和模锻锤进行改造, 主要承接各种吨位蒸汽—空自由锻和模锻锤改造及电液锤、快锻、油压机整机设计制造的成套工程, 以满足国家发展节能和环保的要求。

2000 年底在长春一汽锻造有限公司及 2005 年在宝山钢铁股份有限公司特殊钢分公司的电液锤的改造项目中, 我公司以先进的技术、可靠的产品质量、良好的售后服务及合理的价格一举中标; 2002 年, 又完成了长春一汽锻锤改造的二期工程。这标志着我公司的产品在全国同行业中居领先水平。

公司先后为首钢、一汽、哈飞、太重、南汽、宝钢等钢铁冶金、航空制造、汽车制造、船舶制造、军工、石油机械、矿山机械、重型机械及专业锻造等企业改造了三百余台锻锤。近年来更承接锻锤整机的成套工程, 到 2009 年底, 已交付用户使用的整机为一百五十余台。这些锻锤完全能够满足用户三班连续生产的需要。

为此《人民日报》1996 年 11 月 11 日,《光明日报》1996 年 11 月 2 日,《北京经济报》1996 年 10 月 29 日,《中国冶金报》2001 年 8 月 14 日,《中国机电日报》2002 年 4 月 24 日均有北京异辉机电有限公司关于电液锤产品的报道。

公司服务宗旨: 质量第一, 用户至上, 服务及时, 为用户提供满意的产品和服务。

地址: 北京市海淀区西直门北大街 45 号时代之光名苑 D 座 1601、1603 室 邮编: 100044

电话: 010-62223338/9, 62218886 传真: 010-62260635 http: //www. beijing-yihui. com

E-mail: tec@beijing-yihui. com, bjyihui@sohu. net, bjyihui@vip. qq. com

无锡办事处:

地址: 江苏省无锡市惠山经济开发区金惠路 102 号 邮编: 214174

电话: 0510-83596685/6 传真: 0510-83596689

作者: [龚红英](#), [朱卉](#), [徐新城](#), [朱颖诚](#), [杨青](#), [GONG Hong-ying](#), [ZHU Hui](#), [XU Xin-cheng](#), [ZHU Ying-cheng](#), [YANG Qing](#)

作者单位: [上海工程技术大学材料工程学院](#), 上海, 201620

刊名: [锻压技术](#) [ISTIC](#) [PKU](#)

英文刊名: [FORGING & STAMPING TECHNOLOGY](#)

年, 卷(期): 2010, 35(5)

被引用次数: 0次

参考文献(10条)

1. 杜海威, 刘凯泉, 郭义. DEFORM软件在加工制造业中的应用[J]. 一重技术, 2008, 123(3):103-105.
2. 张吕明, 张会. 采用DEFORM-3D对2A12铝合金锻造变形的模拟研究[J]. 锻压技术, 2009, 34(6):140-142.
3. Soo-Young Kim, Satoshi Kubota, Masahito Yamanaka. Application of CAE in cold forging and heat treatment processes for manufacturing of precision helical gear part[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2008, 201:25-31.
4. Satisha G D, Singhb N K, Ohdarb R K. Preform optimization of pad section of front axle beam using DEFORM[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2008, 203:102-106.
5. 薛永栋, 韩静涛. 基于DEFORM的金属压力加工数值模拟[J]. 冶金设备, 2007, 164(4):34-36.
6. 袁安富. 细长梯形花键的挤压成型[J]. 机械科学与科学, 2008, 27(10):1149-1153.
7. 孙建, 张水忠. 基于DEFORM-3D的离合块冷挤压工艺优化[J]. 锻压技术, 2009, 34(5):12-15.
8. 杨程, 赵升吨, 于军, 等. 挤压筒摩擦对正挤压成形影响的研究[J]. 锻压技术, 2009, 34(2):38-39.
9. 孙继旺, 付建华, 李水常, 等. 基于Deform-3D的后桥半轴摆辗新工艺分析[J]. 锻压技术, 2009, 34(3):160-163.
10. 周勇, 傅察安. 基于DEFORM-3D的微型螺钉冷成形过程有限元分析[J]. 机械设计与制造, 2008, (3):109-111.

相似文献(10条)

1. 期刊论文 [曹延欣](#), [CAO Yanxin](#) 基于DEFORM的支撑轴挤压凹模有限元模拟分析 - 锻压装备与制造技术2008(6)
借助有限元分析软件DEFORM对支撑轴挤压过程进行了动态有限元模拟, 得到了不同压下量时凹模的应力分布. 研究了凹模应力在整个挤压过程中的变化情况, 尤其是凹模内壁上的应力分布. 为非均布载荷下组合凹模的优化设计和分析提供了依据.
2. 会议论文 [张磊光](#), [李林](#) 基于Deform-3D的三维金属切削有限元模拟 2007
利用基于刚塑性有限元法的有限元分析软件DEFORM-3D对金属切削过程进行了模拟仿真. 讨论了不同主偏角情况下主切削力、切削温度和刀具磨损的变化情况.
3. 期刊论文 [刘洋](#), [周旭东](#), [孟惠霞](#), [LIU Yang](#), [ZHOU Xu-Dong](#), [MENG Hui-xia](#) 带钢热连轧过程轧制力三维有限元模拟 - 锻压技术2007, 32(5)
在现代计算机控制的带钢生产中, 轧制力的设定极其重要. 根据宝钢轧制力模型和现场实测数据, 结合热连轧过程中带钢三维变形和热力耦合的特点, 应用DEFORM-3D软件建立了带钢热连轧前两个道次的有限元模型. 模拟了热连轧过程中两个道次的轧制力变化, 并与宝钢模型计算值和实测值进行了对比. 结果表明, 有限元法计算的轧制力与现场实测数据接近, 两者误差在5.0%以内, 同时有限元法的计算精度高于宝钢轧制力模型, 特别是在第一道次, 轧制力计算精度高出4.0%. 该模拟为现场轧制工艺参数的调整优化提供了重要的参考价值.
4. 期刊论文 [刘伟](#), [李家春](#), [LIU Wei](#), [LI Jia-chun](#) 三维车削加工的Deform-3D有限元模拟 - 现代机械2007(1)
本文在建立车削三维有限元模型基础上, 运用有限元法对车削低碳钢过程中切屑的变形系数、工件与刀具的温度分布、切削力进行了模拟, 并对结果进行了分析讨论. 该模拟的结果对部队的实际工作有重要的现实作用.
5. 学位论文 [康少伟](#) 不同模具半空心铆钉自冲铆接有限元模拟及实验 2008
本文利用DEFORM-2D有限元软件建立半空心铆钉自冲铆接有限元模型, 对平底和凸台凹模铆接过程进行有限元模拟, 比较了两种凹模的优缺点, 发现凸台凹模的铆接效果要优于平底凹模.
对凸台凹模和平底凹模半空心铆钉自冲铆接的铆接载荷与铆接行程之间的关系进行分析, 发现铆接载荷在铆钉最后成形阶段迅速增大. 通过对不同组合板料进行半空心铆钉自冲铆接, 发现铆接载荷与板料的材料、厚度以及铆钉的张角有很大关系. 被铆接板料的材料屈服强度越高、铆接板料越厚、铆接成形后的铆钉张角越大需要的铆接载荷越大. 采用取点的方法分析了应力应变的分布、大小和变化趋势, 结果表明应力应变主要集中在铆钉与板料接触的尾部及板料的大变形处, 铆钉所受应力比板料大的较多. 采用平底凹模对两层钢板和铝合金板的进行半空心铆钉自冲铆接实验, 比较实验效果与模拟之间的差别, 验证了有限元模拟的正确性.
对三层板料(两层铝板与一层钢板)进行了有限元模拟, 分析了模拟过程以及应力应变分布, 得出三层板料铆接的可行性. 通过不同材料的放置顺序来确定其对铆接结果的影响, 得出在三层板料(两层铝板与一层钢板)的连接中, 将钢板料放置在两层铝板中间能得到理想的铆接效果.
6. 期刊论文 [孙继旺](#), [付建华](#), [李永堂](#), [曹建新](#), [燕扬](#), [SUN Ji-wang](#), [FU Jian-hua](#), [LI Yong-tang](#), [CAO Jian-xin](#), [YAN](#)

Yang 基于Deform-3D的后桥半轴摆辗新工艺分析 -锻压技术2009, 34(3)

以拖拉机后桥半轴法兰盘一火摆动辗压成形新工艺为研究对象,建立了三维刚粘塑性有限元模型,运用金属成形有限元分析软件Deform-3D对坯料成形过程及工件在加工过程中热能传递和散失进行了模拟分析.通过对工件在各变形阶段应力、应变及应变速率分布的分析,初步探讨了一火摆动辗压的成形规律及在仅加热一次的情况下温度场变化对金属成形效果的影响.温度场模拟结果表明:在法兰盘锻造成形过程中没有出现加工硬化等现象.

7. 学位论文 谢玲玲 连续挤压扩展成形金属流动分析与模具设计 2005

本文采用DEFORM软件作为模拟分析的工具,基于刚塑性/刚粘塑性有限元理论,建立了成形过程的有限元模型。

本文结合连续挤压技术与扩展成形工艺特点,阐述了利用有限元模拟来分析铜母线连续挤压扩展成形过程的必要性、可行性及优越性;对连续挤压过程进行了力能综合分析,推导了连续挤压变形力的计算公式,确定了工作状态下主机系统所需的扭矩大小;研究了有限元模拟的关键技术,有助于不断发展和完善模拟系统;对成形过程的数值模拟结果进行了详细的分析,得到了金属流动的速度场、温度场、等效应力场、等效应变场和扭矩-行程曲线等,揭示了金属的流动变形规律,并用模拟结果来指导和优化工模具设计,改善连续挤压扩展成形过程;根据模拟结果分析,可合理选择工艺参数和模具结构尺寸,实现铜母线连续挤压扩展成形,力求把连续挤压的生产率和能量节省提高到更先进的水平。

8. 期刊论文 刘楠. 贺舒. 李庆. LIU Nan. HE Shu. LI Qing 基于Deform的汽车发动机连杆锻造模具改进 -重庆电子工程职业学院学报2010, 19(2)

随着计算机有限元在工程中的应用,在前期模具设计时引用有限元可以对将出现的缺陷充分暴露出来,从而进行有效的改进,可有效地降低模具开发和制造周期,降低生产成本。

9. 期刊论文 孙永刚. 苏庆勇. 封进 大型内齿圈热处理方法的有限元模拟探讨 -学园2010(11)

本文主要介绍对大型齿圈的热处理过程的有限元模拟方法,通过采用有限元软件Deform,模拟温度、应力、碳元素扩散及金属材料的组织相交等各种耦合情况;对金属的热处理方法提出有限元方法的解决模式;与实际热处理生产中的问题对比,来验证有限元的可靠程度,探求两者配合的模式。

10. 期刊论文 白桦. 孟宪举. 陈连生. 李晓波. BAI Hua. MENG Xian-ju. CHEN Lian-sheng. LI Xiao-bo 基于DEFORM的棒材热轧过程的数值模拟及缺陷分析 -轧钢2008, 25(3)

利用有限元软件DEFORM3D对某厂棒材热轧连轧过程中的第1道次进行了数值模拟,通过后处理数据的分析,模拟缺陷位置与实际缺陷位置较吻合;同时探讨了缺陷产生的原因,为工艺优化提供了依据。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_dyjs201005004.aspx

授权使用: 上海工程技术大学(shgcjs), 授权号: b59c71b3-8983-4d82-afd8-9e92010c4067

下载时间: 2011年2月22日