

轿车左转向节锻造工艺的模拟研究

杨栋, 陈文琳, 张金鹏, 周瑞

(合肥工业大学 材料科学与工程学院, 合肥 230009)

摘要: 针对轿车左转向节是带细杆的叉形件,同时兼有叉类、盘类和杆类零件的外形特点,分析其成形的工艺特点,进行工艺计算,确定工艺方案为头部墩粗—杆部拔长—预锻—终锻。利用有限元软件对成形过程进行模拟,得到飞边均匀的终锻成形件,并对模拟得到的应力场、应变场和载荷等信息进行分析。结果表明,各工序变形较为均匀,应力变化正常,没有出现破坏现象;最终锻件完全充满终锻模膛,没有出现缺料、折叠等缺陷,而且飞边均匀。

关键词: 转向节; 锻造工艺; 数值模拟

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2013.05.007

中图分类号: TG316.3

文献标识码: A

文章编号: 1674-6457(2013)05-0029-04

FEM Simulation of Automobile Knuckle Forging Process

YANG Dong, CHEN Wen-lin, ZHANG Jin-peng, ZHOU Rui

(Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: According to the left automobile knuckle features with the thin rod fork, plate and rod, the analysis of the knuckle forming process and process calculation are conducted, the process of upsetting head, stretching rod, preforming, finish forging is determined. The forming process is simulated by FEM and then finish forging parts with the uniform flash are obtained. And the stress and strain fields and load are analyzed. The results showed that, deformation of each working procedure is relatively uniform, stress change is normal, and damage is avoided; the final forging without defects such as lack of materials and folding is completely full of final forging die, and then the flash of the forging is uniform.

Key words: knuckle; forging process; numerical simulation

转向节是汽车底盘上的关键件,力学性能要求高,形状复杂,成形难度大^[1-4]。在锻造工艺设计中,如制坯过程设计与制坯操作得当,得到的制坯件体积分配合理,表面光顺平滑,不仅有利于锻件顺利成形,避免缺陷,还可以节省材料,飞边相对较小,提高模具寿命,将优质与低耗统一起来^[5-8]。文中针对某轿车左转向节的结构特点,通过工艺分析与工艺计算,借助三维有限元软件对锻件的成形工艺过

程进行数值模拟,获取金属流动规律以及载荷、应力、应变等信息,对于缩短模具设计时间,指导设备选型,避免零件缺陷,降低生产成本都有重要意义^[9-11]。

1 工艺设计

汽车左转向节是控制汽车前轮转向的安

收稿日期: 2013-01-02

作者简介: 杨栋(1986-),男,山东诸城人,硕士研究生,主要研究方向为塑性成形工艺。

通讯作者: 陈文琳(1963-),女,博士,教授,主要研究方向为塑性成形 CAD/CAE/CAM,参加或主持国家和省部级科研项目及横向项目 10 余项,发表论文 40 余篇,编写教材 3 本。

件^[1,6],其锻件如图1所示。可以看出,此轿车左转向节是带细杆的叉形件,同时兼有叉类、盘类和杆类零件的特点。中间一段异形法兰高而窄,宽度较大,截面沿轴向的变化很剧烈,头部两端分出2个枝杈,而且其中一个枝杈细长,另外一个枝杈薄而长,在末端又变厚,形状复杂,成形难度大。在成形过程中,头部及其枝杈处金属流动复杂,头部两侧的枝杈长而窄,不易充满,杆部较长且截面积较小,杆部不易充满,飞边较厚,在锻件周围分布不均匀,材料利用率低,因此,锻件成形的关键在于保证终锻前坯料的合理分配。材料为40Cr,锻件质量为6.5 kg。生产厂家的锻造设备为1 t自由锻锤和16 000 kN摩擦压力机,要求一次成形。

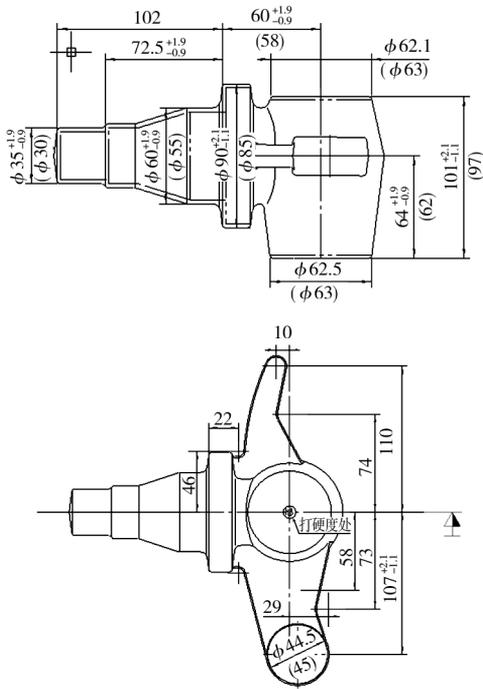


图1 转向节锻件

Fig. 1 Forging of knuckle

转向节为形状复杂的带头部的长轴类零件,汽车转向节锻件毛坯直径的计算如图3所示^[2]。

根据繁重系数选择制坯工艺,繁重系数 α, β 的计算公式为^[3]:

$$\alpha = d_{\max} / d_m = 1.435 \quad (1)$$

$$\beta = L_j / d_m = 2.45 \quad (2)$$

$$K = (d_g - d_m) / L_g = 0.182 \quad (3)$$

$$m = 6.5 \text{ kg} \quad (4)$$

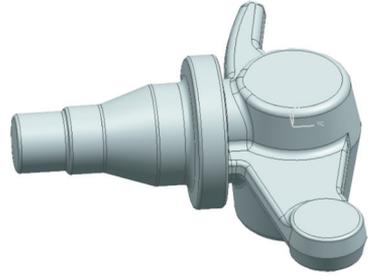


图2 转向节三维图

Fig. 2 3D Forging of knuckle

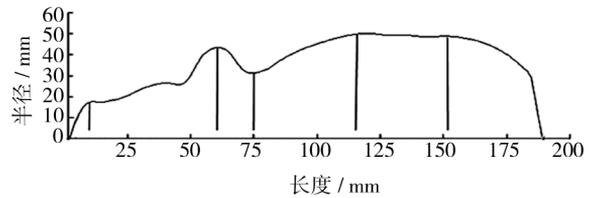


图3 计算毛坯直径

Fig. 3 Preform diameter calculation

式中: d_{\max} 为计算毛坯最大直径; L_j 为计算毛坯长度; L_g 为杆部长度; d_g, d_m 分别为头部、杆部分界处的拐点直径和计算毛坯平均直径; K 为毛坯锥度。

α 越大,流入头部的金属越多; β 越大,金属沿轴向流动越大。根据上述计算值查经验工艺表^[4],以及现有的生产锻件条件,采用自由锻制坯,摩擦压力机终锻成形的工艺。选择的工艺流程为:头部墩粗—杆部拔长—预锻—终锻。

设计时应考虑以下几点。

1) 头部墩粗是为了满足转向节头部2个耳朵的用料,得到合理的材料分配。

2) 杆部拔长是为了满足细长杆部的用料,避免终锻时杆部缺料。

3) 预锻型腔设计是为了使头部聚料效果明显,使其在终锻时头部的2个耳朵能够充满型腔。

2 有限元分析

2.1 建立有限元模型

有限元模型中,工件定义为塑性材料模型40Cr,模具定义为刚性材料,设定坯料初始温度为

1180 ℃,模具初始温度为 250 ℃^[5],取剪切摩擦因子为 0.3。建立的有限元模型如图 4 所示。

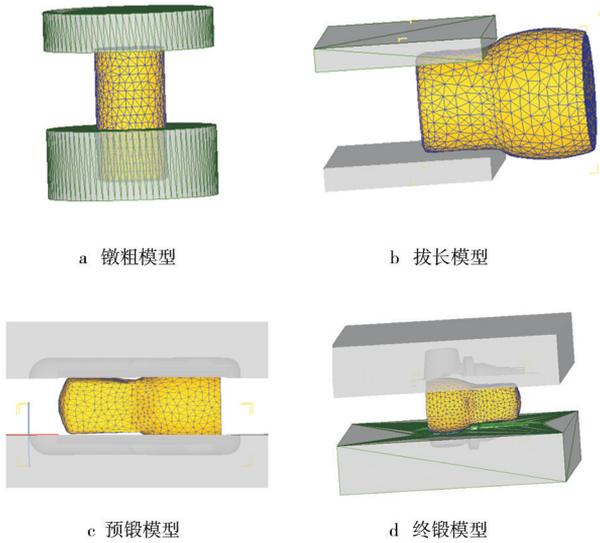


图 4 有限元模型
Fig. 4 FEM Model

2.2 有限元模拟结果分析

经过计算,所选原始毛坯尺寸为 $\phi 90 \text{ mm} \times 170 \text{ mm}$,用图 4 所示的有限元模型模拟的预锻件坯料形状如图 5 所示,终锻成形如图 6 所示。



图 5 制坯工艺模拟成形
Fig. 5 Preform simulation

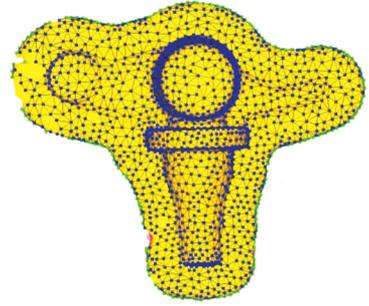


图 6 终锻成形结果
Fig. 6 Finish forging results

2.2.1 应力应变分析

模拟结果如图 7 所示。应力场分析可作为选择成形设备、校核模具强度的依据^[3,7]。从图 7 中可以看出,终锻时应力分布相对比较均匀,应力较大的地方为头部的 2 个耳朵处和杆部截面尺寸变化剧烈处,最大应力达 120 MPa。由于头部尺寸较大,而且在制坯时已经基本成形,所以终锻时应力最小只有 50 MPa 左右。从应变分布可知,在杆部飞边处应变最大,这是由于闭模阶段杆部的飞边较大,导致多余金属向外的流动变形都集中在飞边处。

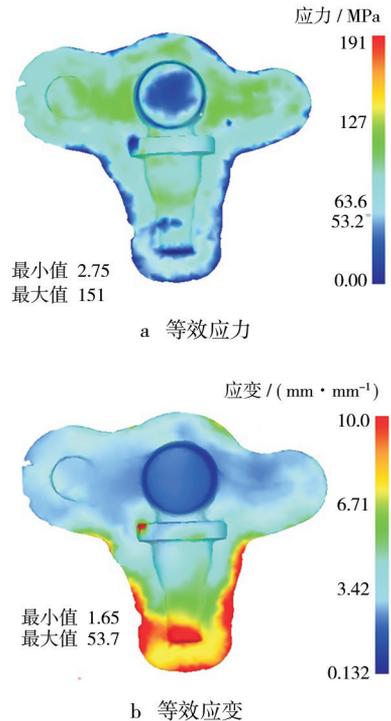


图 7 等效应力应变分布
Fig. 7 Effective stress and strain

2.2.2 载荷分析

终锻变形曲线如图8所示,初期比较平缓,由于这时金属处于充填模膛阶段,因此变形力较小。当模膛充填逐渐完成后,金属主要向飞边桥部流出。此时,由于飞边厚度进一步减薄,多余金属由桥部流出的阻力很大,使得变形抗力急剧增大。这个过程一直持续到变形结束,最终压力最大值达到14 000 kN。

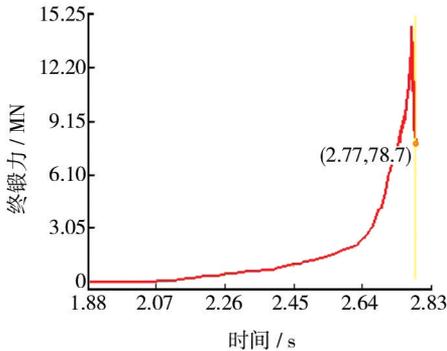


图8 终锻力-时间曲线

Fig. 8 Load-stroke curve of finish forging

3 结语

1) 从等效应力应变场分析,各工序变形较为均匀,应力变化正常,没有出现破坏现象。

2) 从成形效果上看,最终锻件完全充满终锻模膛,没有出现缺料、折叠等缺陷,而且飞边均匀。

参考文献:

- [1] ZHAO D, SUN H, SU S. Application of Numerical Simulation in Obliterated Extrusion Forming for Car Steering Knuckle[J]. Hot Working Technology, 2007(13):29.
- [2] KCHAOU M, ELLEUCH R, DESPLANQUES Y, et al. Failure Mechanisms of H13 Die on Relation to the Forging Process—A Case Study of Brass Gas Valves[J]. Engineering Failure Analysis, 2010, 17(2):403–415.
- [3] 杨栋, 陈文琳, 王少阳, 等. 刮板锻造成形工艺的模拟研究[J]. 精密成形工程, 2012, 4(4):27–30.
YANG Dong, CHEN Wen-lin, WANG Shao-yang, et al. Simulation Research on Forging Process of Scraper[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012, 4(4):27–30.
- [4] PING X U. Application of Standing Extrusion Technology with Slanting Ejector in Automobile Knuckle Forging[J]. Journal of Shiyuan Technical Institute, 2010, 23(3):30.
- [5] CHEN W, ZHU X, XIAO L, et al. FE Analysis of the Forging Process of the Automobile Steering Knuckle[J]. Journal of Hefei University of Technology (Natural Science), 2009(7):15.
- [6] AN Z G, ZHANG Y, LI L. Numerical Simulation and Process Optimization of the Die Forging for the Center Wedge of the Railway Freight Car Buffers[J]. Advanced Materials Research, 2011, 228:412–415.
- [7] LÜCKE M, KRAUSE A, BEHRENS B A. Forging Complex Parts without Flash[C]. AIP Conference Proceedings, 2011:386.
- [8] SHAN L, YAN B. Forging Process and Design of Die for the Steering Knuckle of Truck[J]. Die & Mould Industry, 2008(1):17.
- [9] CHENG L J, ZHANG T Z, ZHANG H X. The New Pre-forging Method of Closed-die Forging with Controlled-flash for Steering Knuckles[J]. Advanced Materials Research, 2012, 482:2409–2413.
- [10] ZHANG L W, ZHANG J L, YANG Y, et al. Simulation and Optimization of Die Forging Process for High Pressure Valve Bonnet[J]. Advanced Materials Research, 2013, 652:2053–2056.
- [11] XIAO L, ZHU X. Forging Process and Design of Die for Steering Knuckle of Light Truck[J]. Die & Mould Industry, 2009(4):21.