

轮毂轴管终锻成形模拟研究

李思忠, 程俊伟, 冯宪章, 刘长红

(郑州航空工业管理学院 机电工程学院, 郑州 450015)

摘要: 根据某规格汽车轮毂轴管零件的形状尺寸特点, 设计了预锻毛坯和 2 种终锻成形方案, 并对所制定的 2 种终锻方案进行了工艺和模拟分析。2 种方案的模拟结果显示, 顺序成形过程稳定, 变形只局限于端部; 一次镦粗变形不局限于变形的端部, 在变形结束时有少量金属流入杆部, 这将会使端部缺料和杆部出现折叠和缩径缺陷。顺序成形可改善模具的受力状况, 成形力有所降低, 提高了模具寿命。根据力-行程曲线, 应严格控制变形部位金属的体积, 实现小飞边精密锻造, 避免成形力在成形最后阶段急剧增大, 以致损坏模具和设备。

关键词: 汽车轮毂轴管; 管坯; 终锻; 数值模拟

中图分类号: TG316 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2012)04-0023-04

Simulation Research on Finish Forging for Vehicle Hub Axle with Tube

LI Si-zhong, CHENG Jun-wei, FENG Xian-zhang, LIU Chang-hong

(School of Mechatronics Engineering, Zhengzhou Institute of Aeronautical Industry Management, Zhengzhou 450015, China)

Abstract: According to the characters of the shape and dimensions of a vehicle hub axle with tube, the preforming billet and two finish forging schemes using tube billet were rightly analyzed. The process analysis and simulation for two schemes of final die forging were finished. The simulated results showed that the deformation process in sequence was steady and the deformation was only limited on the end, and the scheme of forming the end shape once was not limited on the end and a small amount of metal flowed into the bar at the end which would make some forging defects such as fold and necking. In the last, the forming force in simulation of two schemes was compared, and the result showed that the force of forming in sequence was lower to some extent, which could improve the situation of die working and prolong its life. According to the simulation curves of force-stroke, the volume of the forming metal should be strictly controlled to implement precision forging with small flash, avoiding higher force at the end forging stage and creating loss for die and press.

Key words: vehicle hub axle with tube; tube blank; finish forging; numerical analysis

汽车轮毂轴管(如图 1 所示)主要用于各类载重汽车及工程机械驱动桥两端的轮边支承, 在车辆行驶过程中, 受力状况复杂, 环境恶劣。由此可见, 汽

车轮毂轴管应具有良好的综合力学性能, 以确保车辆行驶安全^[1-2]。

锻造工艺具有诸多优越性, 如使锻件显微组织

收稿日期: 2012-01-10

基金项目: 国家自然科学基金(50905168); 河南省高等学校青年骨干教师资助计划(2010GGJS-147); 河南省科技攻关(092102210272, 102102210152); 河南省教育厅科技攻关(2010A450001)

作者简介: 李思忠(1961—), 男, 河南郑州市人, 工程师, 主要从事金属成形实验工作。

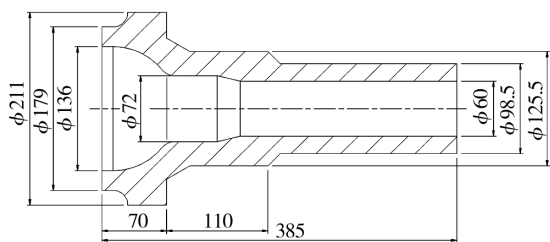


图1 汽车轮毂轴管示意

Fig. 1 Schematic drawing of the vehicle hub axle with tube

致密,晶粒均匀细小,金属流线沿其外形分布,即使零件具有良好的综合力学性能。如何使金属沿着合理的方向流动,获得优质锻件,降低成形力,提高模具使用寿命,在设计锻造工艺时必须认真考虑^[3-4]。

利用有限元模拟技术,可以方便地优化坯料在型腔内的流动,极大地提高设计效率,节约成本,缩短开发周期。文中用有限元方法分析轮毂轴管锻件头部成形时金属的流动,验证了所制定工艺的合理性^[1]。

1 工艺分析

某规格汽车轮毂轴管为端部带法兰的台阶轴如图1所示,杆部截面变化小,过渡部位较为平缓,但是在法兰部位,其横截面积与杆部截面积相差较大。

根据对锻件的形状尺寸分析,用无缝钢管作为毛坯,设计的预锻毛坯如图2所示。预锻件的杆部已经成形。

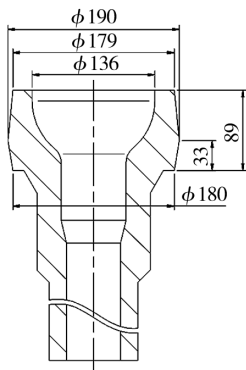


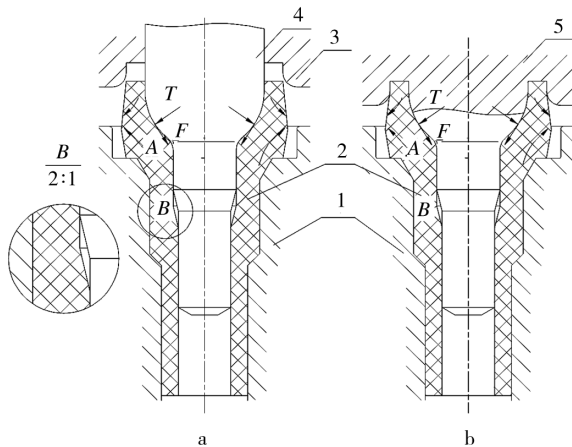
图2 预锻毛坯

Fig. 2 The schematic drawing of performing blank

2 终锻成形

由图2可见,终锻时锻量为 $\Delta l_d = 19 \text{ mm}$ 。

根据预锻毛坯的外形尺寸及金属的流动特点,终锻时有2种可选方案:方案1为端部顺序依次成形;方案2为一次整体锻粗成形,如图3所示。



1. 下模 2. 锻件 3, 5. 上模 4. 冲头

图3 2种终锻方案成形示意

Fig. 3 Schematic drawing of two finish forging schemes

图3a为顺序依次成形方案,在滑块下行时,冲头4先对管坯进行胀形,之后上模3下行,对管坯锻粗,成形锻件的端部形状。方案2如图3b所示,在上模5下行时,金属发生锻粗成形,同时成形锻件的外形和内形。

图3所示的2种终锻方案,其变形在上端部,杆部不产生变形,因此只需对变形部分局部加热,使其温度处在锻造温度范围。这样一方面可提高效率,节约能耗,另一方面可提高杆部的变形抗力,避免其发生变形,产生锻造缺陷。另外,终锻时在成形力的作用下,端部金属具有向下流动的趋势,产生正挤压变形流入下模1空腔与杆部的间隙,即为图3所示的B处。在该处留下空间,放料容易,即使有少量金属流入该处,也可以避免成形力急剧上升,但是应采取措施避免金属流向该处,这是该研究的关键点和创新点。

3 数值分析

文中着眼于分析金属的流动形式及充填模腔的情况,模拟时不考虑温度变化对变形的影响;毛坯材料选45#钢;毛坯与变形金属的摩擦因子选为0.3;模具为刚性,上模的运动速度为30 mm/s。

3.1 加热

局部加热后毛坯的温度分布如图4所示,变形区域均在塑性较好的900℃以上,最高温度约为1160℃;杆部的温度均在塑性较差的800℃以下。变形首先在端部产生,杆部不发生(或基本不发生)变形。

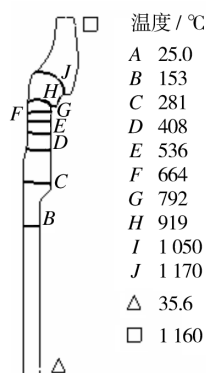


图4 温度分布模拟结果

Fig. 4 The simulation result of temperature distribution

3.2 顺序终锻成形

顺序成形的模拟模型如图3a所示,图5为该变形过程的模拟结果,图5a为冲头4下行时对管坯的胀形过程,图5b为冲头停止运动、上模3下行时的变形过程。冲头的行程 $\Delta l \approx 18.7$ mm。由于冲头的位移量较小,变形过程稳定,管坯胀形部位的内、外径同时增大,同时在轴向方向产生较小的压下量(约1.0 mm),产生少量的反挤压变形。图5c—e分别为冲头在第1步、第40步、第80步时管坯与冲头在H处形状的放大图。显然,在此过程中该部位没有发生变形,坯料的变形只限于上端部;金属只沿径向流动,使其内、外径同时增大。在冲头移动到终止时冲头的斜面与毛坯不接触,可避免成形力增大。

图5b显示,毛坯的变形主要是镦粗,其位移量为 $\Delta l' \approx 27.3$ mm。上模3下行,管坯的上端先进入到其型腔,对管坯上端部起到固定作用,稳定性增加^[4],可有效避免管坯失稳内凹,产生弯曲折叠^[5]。图5f,g表示了C处在上模3下行20.0 mm及终止位置时毛坯在该处的形状,可见在变形的过程中,管坯内侧变形稳定,最终和模具正确接触。镦粗时,管坯的内径、外径同时增大。由于有模具型腔的限制,变形继续进行,该处内径减小、外径不变,只要该处

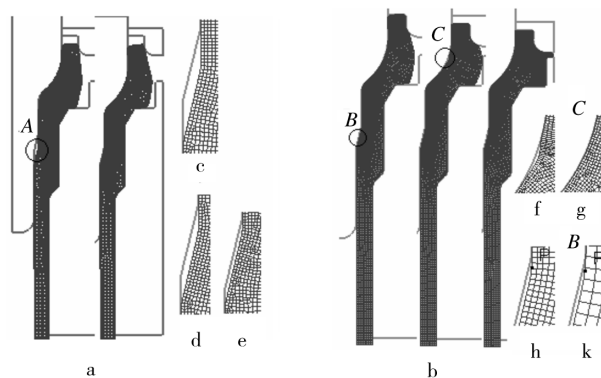


图5 顺序终锻模拟结果

Fig. 5 The simulation result of finish forging in sequence

满足镦锻规则,其凹陷将会被消除^[4-6]。

图5h,k表示B处在开始及结束时该处的毛坯形状,在变形后该处没有发生变化,即在此过程中,基本没有金属产生正挤压变形流入杆部。

从以上分析可以得出这样的结论,管坯的变形属于集中在端部的局部变形,形式简单,先产生胀形,接着是镦粗变形。这种简单的金属流动方式的优点,首先是容易成形锻件的形状而不易产生折叠缺陷,成形力较小;其次是冲头的杆部长度可适当减短,可提高模具寿命,也使锻件容易脱模。

3.3 方案2

方案2的成形模型及变形过程如图6所示,其过程和图5所示基本一致,这2个过程的主要区别有以下2点。

1) 上模的球形圆弧部位在开始时和管坯部分接触,随着上模下行,逐渐与管坯全部接触直至结束。在镦粗过程中没有产生凹陷;上模在对管坯端部进行镦粗的同时,圆弧部位同时对其胀形,使该处变形金属始终和上模接触。

2) 如图6b所示的A,B2处产生了变形。

图6b中A处的放大部分表示变形初期(上模5下行7 mm)该处的形状,该处可能会产生折叠。图6c—e分别表示B处在初始、上模下行25 mm及结束时的形状,显示该处金属产生了流动,原来接触模腔壁的管坯脱离模腔,发生径缩。由此可见,该变形过程容易在锻件的杆部两处产生锻造缺陷,相对于方案1较为复杂。

在产生飞边阶段,金属已基本充满下模,上模5下行时球形圆弧部分对管坯反挤,上模的外侧轮

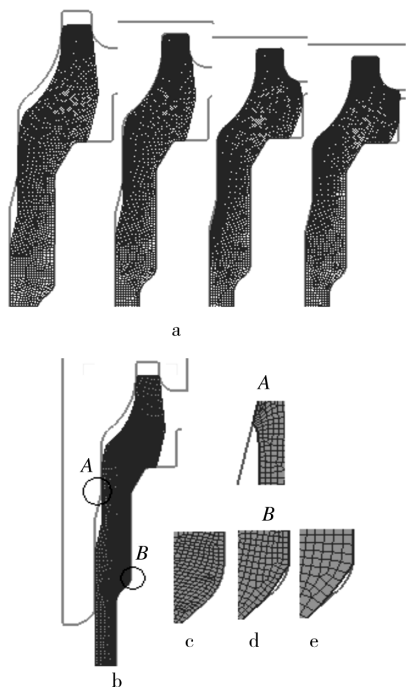


图6 整体终锻模拟结果

Fig. 6 The simulation result of integral finish forging

廓使管坯致粗,二者的金属流动方向相反,使成形力在成形结束阶段急剧上升。过大的成形力使金属产生少量的致粗变形,也使杆部金属被挤入杆部,即变形扩展到杆部。

通过改变预锻件在A处的尺寸及修正模具的圆角,可避免图6中A处的缺陷,但是由成形特点所致的过大的致粗成形力将不可避免地产生B处所示的径缩缺陷。

3.4 成形力对比

2个终锻方案的力-行程模拟曲线如图7所示。

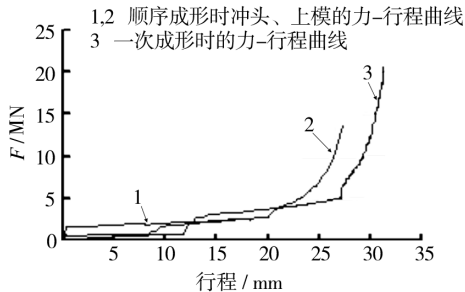


图7 力-行程曲线

Fig. 7 The curves of force-stroke

曲线1为方案1冲头的力-行程曲线,在变形开始迅

速达到约1600 kN后变为一条平缓的曲线,几乎是一条水平线,主要是因为毛坯的上端部外侧是自由的。曲线2为方案1的上模的力-行程曲线,该曲线在变形即将结束时斜率较大,其余大部分长度较为平缓。曲线3为方案2的上模的力-行程曲线,该曲线的趋势和曲线2基本相似。图7显示,方案1的总成形力要小于方案2的成形力;模拟过程显示网格多次被重新划分。方案1总的成形力相对较小,对改善模具的工作条件十分有利,可适当提高其寿命。

通过对变形过程及成形力分析,方案1为合理可行的成形方案。为了避免成形力过分增大,损坏模具和设备,要严格控制毛坯端部的体积,实现小飞边精密锻造。

4 结语

1) 根据锻件特点,设计了2种终锻成形方案,并分别对其进行成形特点分析,方案1较好。

2) 对终锻成形的2种方案的成形过程进行了数值模拟,结果显示方案1金属变形方式简单、稳定,变形局限于端部;端部一次整体成形金属流动方式复杂,易于产生锻造缺陷。

3) 对2种方案的力-行程曲线进行了对比,方案1的总成形力相对较小。这对锻模是十分有利的,可适当提高其寿命。

致谢:该项目的研究得到了华中科技大学材料成形与模具技术国家重点实验室的大力支持,在此表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 王志奎. 汽车轮毂轴管复合挤压成形数值模拟与试验研究[J]. 塑性工程学报, 2008, 15(6): 67-71.
- [2] 温志高, 熊运昌, 彭晓南. 汽车轮毂轴管复合挤压工艺的研究[J]. 锻压技术, 2005, 30(6): 4-6.
- [3] 俞汉清, 陈金德. 金属塑性成形原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 1999: 16-18.
- [4] 张志文. 锻造工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社, 1983: 271-272.
- [5] 程俊伟, 俞彦勤, 李思忠, 等. 空心抽油杆致粗成形技术的研究[J]. 热加工工艺, 2008, 37(17): 65-68.
- [6] 程俊伟, 黄早文, 俞彦勤. 加厚油管致粗实验研究[J]. 锻压机械, 2001(4): 42-44.