

基于 QFORM 的阶梯轴冷挤压工艺的计算机模拟

温恩龙, 周扬, 李蒙

(贵州大学 机械工程学院, 贵州 贵阳 550003)

摘要: 针对阶梯轴的特点, 应用 QFORM 软件对不同成形工艺方案下金属流动情况进行数值模拟, 分析了阶梯轴在挤压成形中的载荷、应变的分布状态。针对阶梯轴在正反挤压过程中坯料的应力分布和速度场分布, 分析、确定了最优的工艺方案。

关键词: QFORM; 冷挤压; 阶梯轴; 数值模拟

中图分类号: TG376.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-3814(2010)17-0110-02

Computer Simulation of Cold Extrusion Process for Stepped Shaft Based on QFORM

WEN Enlong, ZHOU Yang, LI Meng

(Dept. of Mechanical Engineering, Guizhou University, Guiyang 550003, China)

Abstract: Aiming at stepped shaft characteristics, utilizing QFORM software, the metal flow under different forming processes was numerically simulated, and the distribution state of load and strain of the stepped shaft in the extrusion was analyzed. Based on the stress distribution and velocity field distribution of stepped shaft billet in the positive and negative extrusion, the optimal process plan was defined.

Key words: QFORM; cold extrusion; stepped shaft; computer simulation

冷挤压工艺由于其诸多优点, 如零件尺寸精度高(精度等级可达 IT7-IT8)、表面光洁度好,(粗糙度一般在 $Ra=0.4\sim 1.6\ \mu\text{m}$)、机械加工余量少、产品范围广、工艺流程简单、设备投资少等, 被认为是一项很有发展前景的近净型加工技术, 近年来在我国得到了非常迅速的发展。一般来说, 对于新投产的挤压零件, 往往需要进行大量的试验摸索工作, 才能提出确定的工艺方案, 其中主要包括挤压方法的选择、润滑材料的选择、压力的设定、模具的设计等。其试验工作时间长, 即便如此, 有些挤压件仍不能用所选的方法成功生产。因此, 应用数值模拟软件对挤压成型进行数值模拟, 可以通过计算机直接观察金属流动和压力、应变的变化^[1], 从而有助于设定正确的挤压工艺, 指导生产实践。本文通过用 QFORM 模拟软件对黄铜挤压件的模拟, 分析了不同的挤压工艺在模拟塑性成型时所出现的各种的缺陷, 从而设计出正确的挤压工艺, 提高了设计效率, 节约了时间和成本。

收稿日期: 2010-03-06

作者简介: 温恩龙(1983-), 男, 湖北黄冈人, 硕士, 主要研究方向: 模具 CAD/CAM/CAE; 电话: 15286041896;

E-mail: wenenlong@yahoo.com.cn

1 试验模型

图 1 是所要的挤压件。通过对图形的分析, 可知其属于阶梯轴类零件。

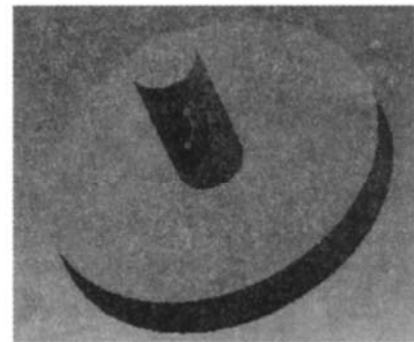


图 1 阶梯轴
Fig.1 Stepped shaft

通过 PROE 软件对该图进行三维造型, 并以 stp 格式保存。导入到 QFORM 中进行划分网格, 并以 shl 的格式保存到仿真模块。由于该件是轴对称图形, 在施加压力后各向具有相同变形性质。所以为了节约模拟时间, 在对零件进行模拟分析时, 可采用零件的 1/8 切片进行模拟。

2 挤压方法的选择

根据图形, 挤压工艺选择以下两种挤压方法^[2]:

正挤压、反挤压。

正挤压，挤压时金属坯料的流动方向与凸模^[9]的运动方向一致，如图 2(a)所示，挤压件的断面可以是圆形也可以是非圆形。

反挤压，挤压时金属坯料的流动方向与凸模的运动方向相反，如图 2(b)所示。反挤压法适用于制造断面呈圆形、方形、长方形、多层圆形等的空心件。

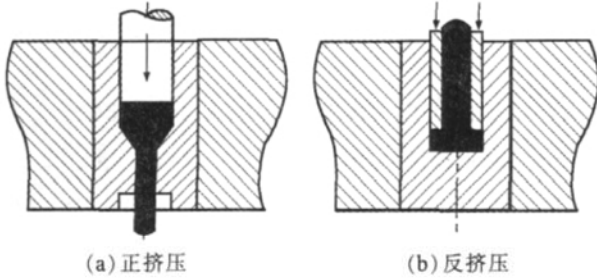


图 2 正、反挤压

Fig.2 Positive extrusion and negative extrusion

3 模拟参数

选用试验材料为 H96 黄铜，不采用加热工艺。设备采用 3.15 MN 压力机，额定速度为 6 mm/s，额定压力 / 最大压力为 0.9。工件温度为常温 20°。模具温度为 20°。采用润滑材料为 mos2-ti-h，该润滑剂的摩擦因子为 0.5，有效导热系数、真实导热系数为 3000 W/(m²·K)。

4 试验模拟过程及分析

该试验主要是比较挤压阶梯轴类零件时，所采用的正挤压和反挤压工艺在挤压成形时各自应力、应变的变化，最终分析选择一个最佳的挤压成形工艺。

图 3 所示的是挤压成形时最终的图形。可以看出，在图 3(a)中，由于采用了反挤压工艺，在挤压时

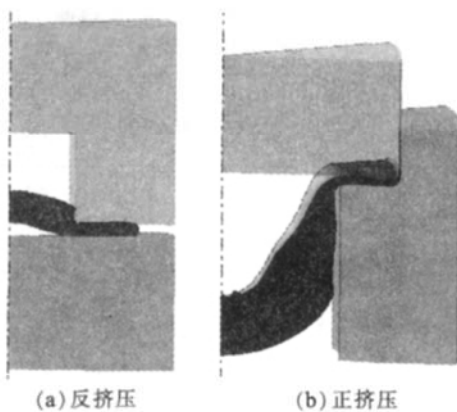


图 3 两种挤压工艺模拟比较

Fig.3 Simulation and comparison under two extrusion processes

由于所需压力过大，超过了试验设备的压力范围，以致无法进行挤压，工件层现翘曲现象。在图 3(b)中，中采用了正挤压工艺，获得了良好的挤压零件。而且从图 4 可知，采用正挤压所需挤压力小。在反挤压 0.9s 以后，压力就超过了 3.15 MN，无法进行模拟，在正挤压 1.2s 后就已经完成了挤压模拟。

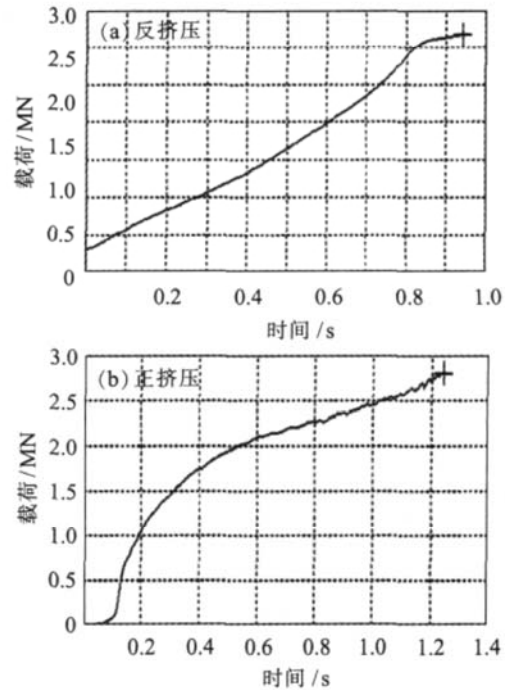


图 4 正、反挤压载荷-时间分布

Fig.4 Load - time distribution under two extrusion processes

图 5 是不同挤压工艺下材料有效应变图。可以看出，材料挤压时变形是不均匀的，模具转角处的等效应变最大。但随着材料被逐渐挤出通道，其变形的均匀程度越来越均匀。而且在通道的转角处，等效应变是层状分布的，并且变化梯度非常大，表明此处的变形近似于纯剪切变形。

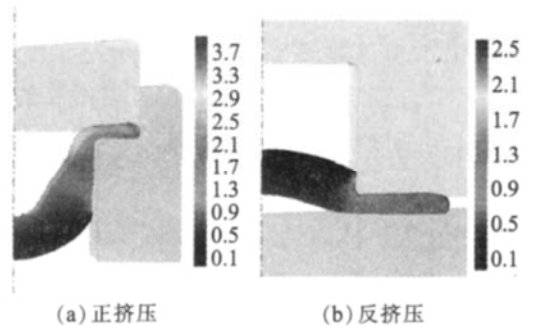


图 5 正、反挤压有效应变

Fig.5 Equivalent strain under two extrusion processes

图 6 是有效应变率分布图。可以看出，塑性变形区分布及其动态发展情况，在材料内部各处的等效应力是不均匀的，模具转角靠近下(下转第 114 页)

持不变,图4(b)。随着压下量增加,金属横向流动明显,鼓形逐渐增大,与凹模壁接触,由于底部凹模的限制,鼓形上部金属流动方向与凸模运动方向相反,即反挤压,鼓形下部金属流动方向与凸模运动方向相同,即坯料镦粗,图4(c)。随着压下量进一步增加,上部金属通过反挤压逐步成形锻件头部,底部金属通过镦挤,成形锻件底部,图4(d)。

4.2 成形力的分布

由每工步最大成形力与时间关系曲线图5可知,在成形初始阶段成形力随着压下量的增加而增加,成形后期成形力基本稳定,并呈现一定范围的波动,最后整形阶段由于压下量变小,成形力反而有所减小。

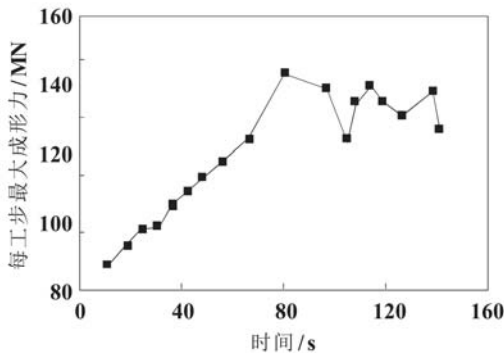


图5 每工步最大成形力与时间关系曲线
Fig.5 Relationship between the maximum forming force each step and time

在成形过程中,大型厚壁封头所需成形力比较大。图5表明,该产品可在万吨级水压机上锻造出。通过有限元模拟其成形力情况,为选择生产设备提供依据,并为优化和制定合理的成形工艺参数提供参考。

5 结束语

通过选择合理的封头锻造工艺参数,采用凸模交错等量下压法定位、逐步循环等量下压法可完成整个锻造过程,能够在万吨级水压机上生产出满足不同性能要求的合格产品。

参考文献:

- [1] Sellars C M. Computer modeling of hot-working processes [J]. Materials Science and Technology, 1985, (1):325-332.
- [2] 马飞良. 国外核反应堆压力容器用 A50823 钢及制造[J]. 大型铸锻件, 1990, (4):35-46.
- [3] 姜桂荣. 热旋封头工艺的研究与开发[J]. 热加工工艺, 2003, (7):32-36.
- [4] 杨晓禹. 特大型封头锻造新工艺研究[D]. 山东:燕山大学, 2008.
- [5] 周朝辉, 曹海桥. 厚壁椭圆形封头热拉深成形及有限元模拟[J]. 热加工工艺, 2004, (5):44-45.
- [6] 任运来, 聂绍珉. 大型封头整体锻造新方法研究[J]. 重型机械, 1999, (5):1-7.
- [7] 姜涛, 杨运民. 基于 DEFORM 的大型封头整体锻造工艺数值模拟[J]. 压力容器, 2009, (2):26-29. [X]

(上接第 111 页)

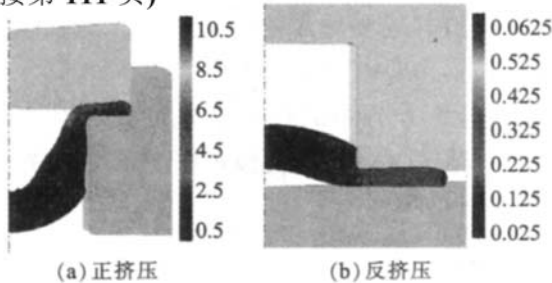


图6 正、反挤压有效应变率分布(s⁻¹)

Fig.6 Equivalent stress ratio under two extrusion processes

模模壁处的等效应力最大。因此,材料经过一次挤压后其内部晶粒大小的分布是不均匀的。

图7是径向速度分布图。可以看出,采用正挤

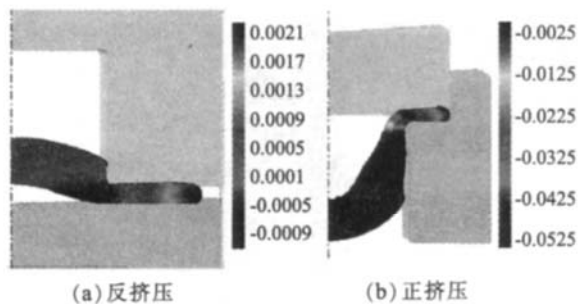


图7 正、反挤压径向速度分布(m/s)

Fig.7 Radial velocity under two extrusion processes

压,径向速度在挤压模具内很大并且分布均匀,在模具转角出速度很小,速度梯度变化大。采用反挤压,挤压工件的径向流动速度在工件没有约束的部位很大,同样在模具转角处速度很小,在模具内的挤压成形部分挤压速度分布均匀。所以通过分析两种工艺的径向流动速度可知,采用正挤压工艺,挤压材料的径向流动速度大,便于挤压成型。

5 结论

利用专用模锻分析软件 QFORM 对挤压工艺模拟,分析与预测了挤压件载荷和应变的分布,加速了正确工艺方案的提出。

参考文献:

- [1] 谢建新, 刘静安. 金属挤压理论及技术[M]. 北京:冶金工业出版社, 2001. 23-32.
- [2] 贾俐俐. 挤压工艺及模具 [M]. 北京:机械工业出版社, 2004.
- [3] 杨长顺. 冷挤压模具设计 [M]. 北京:国防工业出版社, 1996. [X]