

# 叉头一模两件预成形过程的数值模拟分析

汪 磊, 王以利, 金 超, 宋连斌  
(上海交大中京锻压有限公司, 上海 201414)

**摘 要:** 锻造成形过程是一个非常复杂的弹塑性大变形过程, 有限元法是用于锻造成形过程模拟中一种有效的数值计算方法。通过数值模拟技术分析叉头锻件改成一模两件的预成形过程, 优化预成形模具型腔, 获得合理的生产工艺, 达到提高原材料利用率和生产班产量, 并获得合格终锻件的目的。

**关键词:** 一模两件; 预成形; 有限元法; 数值模拟

**中图分类号:** TG311      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1671-8798(2009)03-0255-03

## Research on numerical simulation of preforming of two-piece fork

WANG Lei, WANG Yi-li, JIN Chao, SONG Lian-bin  
(Shanghai Jiaoda Chukyo Forging and Stamping Co., Ltd., Shanghai 201414, China)

**Abstract:** The forging forming process is a very complicated process of the evident elastoplasticity deformation, and the finite element method is an effective numerical calculating method used in the process of the forging forming simulation. We have described the preforming process with the numerical simulation technique, optimized the design of mould and confirmed the reasonable techniques to improve the utilization rate of material and output per team. The nicer effect is obtained.

**Key words:** two-piece; preforming; finite element method; numerical simulation

金属锻造过程通常为非稳态大变形问题。对于模锻产品的质量主要取决于模具设计的水平。而形状复杂的锻件, 绝大多数采用多工序加工, 工序数目的确定和各工序模具形状的设计, 即预成形设计, 是材料成形工艺与模具设计的中心工作。如何设计预锻件形状和预锻模具形状是生产合格终锻件的关键, 也是模具设计的难点之一。对于某一实际锻件, 定义其完全充满型腔且少无飞边的锻件为理想锻件, 而对于任何实际情况所得的锻件可能会出现充不满或飞边过大等现象则为实际锻件。

对于一个给定的零件, 锻造过程的实用设计应包括毛坯的体积和重量, 预成形步骤和预锻件形状, 终锻和预锻模中飞边的体积, 每一锻造工序所要求的负荷和能量。赵新海<sup>[1]</sup>等人首次提出锻造预成形多目标优化设计的研究, 即同时以锻件形状和变形均匀性为目标, 对锻造过程预成形设计进行了研究。研究中采用有限元灵敏度分析方法, 优化设计, 使锻件的形状和变形均匀性综合性能最好, 并提出了新的无量纲的锻件形状子目标函数和变形均匀性子目标函数, 且给出了总目标函数和各子目标函数

收稿日期: 2009-07-20

作者简介: 汪 磊(1976—), 男, 湖北襄樊人, 工程师, 工程硕士, 主要从事热模锻模具设计和生产管理。

的表达形式。应用该方法对截面为 H 形的轴对称锻件进行了预成形优化设计,取得了良好的效果。

本研究将运用 QForm 软件对叉头锻件一模两件的预成形过程进行数值模拟分析<sup>[2]</sup>,优化预锻模,达到提高原材料利用率和生产班产量,并获得合格终锻件的目的。金属成形过程的有限元数值模拟被用于求解金属变形过程的应力、应变、温度等的分布规律,进行模具受力分析,及预测金属的成形缺陷。根据金属材料的本构方程的不同,可将其分为两大类:弹塑性有限元法和刚塑性有限元法<sup>[3]</sup>。本文所用的是刚塑性有限元法。这一方法忽略了金属成形过程中的弹性变形,其基本理论是 Markov 变分原理<sup>[4]</sup>。根据对体积不变条件处理方法上的不同(如 Lagrange 乘子法、罚函数法和体积可压缩法),又可得出不同的有限元列式,其中罚函数法应用比较广泛。

## 1 金属流动平面

在锻造期间,金属的流动可以看作以 2 种基本形式进行:压入法(金属流动平行于模具的运动方向)和镦粗法(金属流动垂直于模具的运动方向)。在大多数锻件中,锻件外形都具有使 2 种流动形式同时发生的几何形状。对于预锻件设计来说,为了研究金属的流动,考察锻件中的各种横断面(在这些断面中金属流动几乎在同一平面上)是非常有用的。

图 1 示意说明了一些简单形状的零件金属流动平面。连接流动平面的中心所形成的面,是锻件的中性面<sup>[5]</sup>。然而这个中性面可以看作金属的全部移动平行于模具运动方向的面。因此,不在中性面上的金属流动将垂直于模具运动方向。

设计预锻件的共同做法是考虑金属流动平面即选择锻件的横断面,并根据金属的流动设计预锻件每一横断面的形状。在设计预锻件的横断面时,有一些总的基本考虑,主要有如下几点:

1) 沿预锻件长度的每一横断面面积必须等于终锻件的横断面面积加上必需的飞边面积。这样,原毛坯的分配是用确定沿锻件主轴线的横断面面积来得到。

2) 预锻件的所有凹圆角半径,应比终锻件的半径大。

3) 实际上,在锻造方向上预锻件的面积应比终锻件的面积大。这样,金属的流动将基本上是镦粗

形式,而非压入形式。在终锻工序时,材料将被横向地挤入模膛,而在模具与材料的接触表面上不产生附加剪力。金属的这种流动形式,使摩擦力和锻造负荷减至最小,并且减轻了模具表面的磨损。

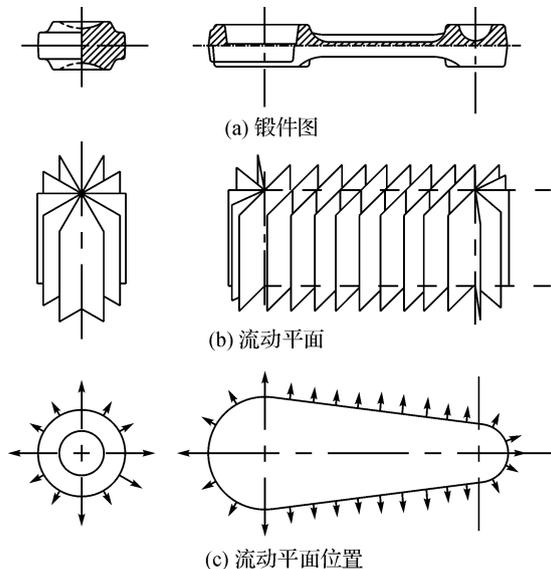


图 1 金属流动平面

Fig. 1 Plane of metal flow

## 2 叉头一模两件的预成形过程数值模拟

本研究的叉头锻件图如图 2 所示。

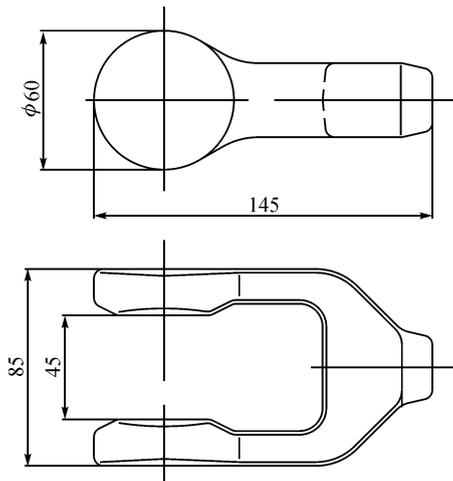


图 2 叉头锻件图

Fig. 2 Forging drawing of fork

锻件净重为 1.6 kg,材料为 45 Cr。

在锻造生产工艺流程上,本公司原来的生产工艺为:

①中频加热→②制坯(镦粗压扁)→③预锻(单型腔)→④终锻(单型腔)→⑤切边

选用的成形设备为 1 600T 热模锻压力机,原材

料规格为  $\phi 60$ , 用料长度为 103 mm, 计算出材料利用率为 70.18%, 生产效率平均为 1 800 件/班。生产过程中产品常出现的问题在于锻件局部充填不足和折叠缺陷。

为了提高原材料利用率和生产班产量, 笔者结合所在企业现有的生产资源, 提出一模两件的生产工艺, 通过此次数值模拟分析, 制定出叉头一模两件的锻造生产工艺为:

①中频加热→②制坯(墩粗压扁)→③预锻(双型腔)→④终锻(双型腔)→⑤切边

选用的成形设备为 2 500 T 热模锻压力机, 原材料规格为  $\phi 52$ , 用料长度为 255 mm, 计算出材料利用率为 75.47%。

模拟所用模具分为 1#和 2#预锻模, 其中 1#模具是根据终锻型腔改变而来, 2#模具是经过 1#模具模拟分析后, 对 1#模具改进而来。

从图 3 中的模拟结果来看, 在预锻过程中产生折叠和充填不足缺陷, 其中折叠缺陷保留到了终锻件中。

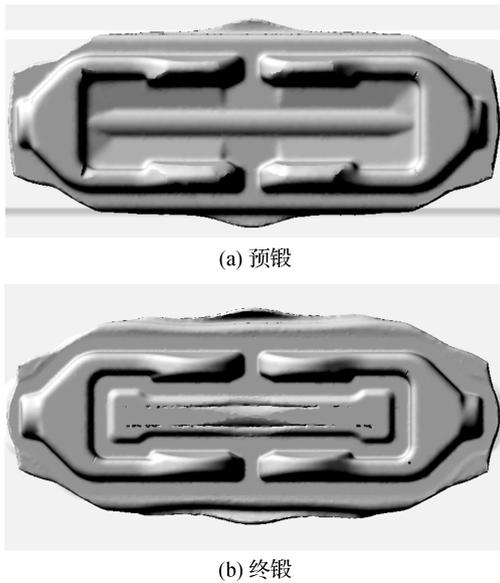
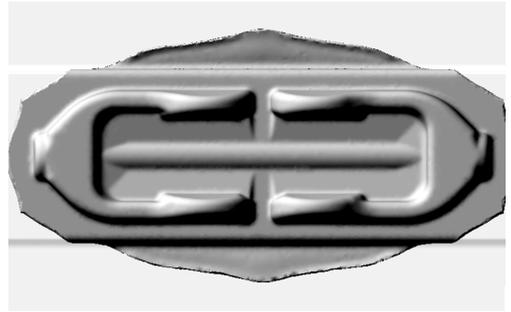


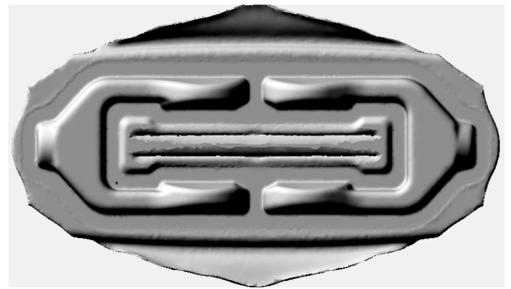
图 3 1#模具模拟结果

Fig. 3 Simulation of 1# mould

从图 4 中的模拟结果来看, 在预锻和终锻过程中均没有产生缺陷, 说明预锻模设计比较合理。通过现场生产验证, 锻件没有缺陷产生, 平均班产量达到 3 200 件。



(a) 预锻



(b) 终锻

图 4 2#模具模拟结果

Fig. 3 Simulation of 2# mould

### 3 结 语

通过对叉头一模两件预成形过程进行模拟, 研究了预锻模型腔形状和尺寸对成形过程的影响, 优化了模具型腔设计, 解决了成形过程中产生的折叠和充填不足缺陷, 确定了所用原材料的直径和长度, 使原材料利用率提高了 5.29%, 班产量提高了 77.78%, 提高了经济效益, 同时对预成形过程的数值模拟获得了良好的效果。

#### 参考文献:

- [1] 赵新海, 赵国群, 王广春. 锻造预成形多目标优化设计的研究[J]. 机械工程学报, 2002, 38(4): 61-64.
- [2] 汪磊. 锻钢活塞预成形过程的数值模拟分析[J]. 模具技术, 2009(3): 8-12.
- [3] 翟福宝, 林新波, 张质良. 有限元模拟在金属塑性成形中的应用[J]. 锻压机械, 2000(3): 46-48.
- [4] 董海涛, 张治民, 宋志海. 数值模拟技术在锻造成形中的应用[J]. 大型铸锻件, 2007(1): 45-47.
- [5] 李绍善. 模锻预压件的设计[J]. 冶金学和金属成形, 1973, 40(5): 21-23.