

文章编号: 1009-9700(2012)02-0049-04

6061 铝合金锻件等温锻造的工艺设计

林燕虹¹, 彭燕²

(1. 广东松山职业技术学院, 广东 韶关 512126; 2. 东莞职业技术学院, 广东 东莞 523808)

摘要: 介绍了 6061 铝合金刹车踏杆锻件的生产工艺, 针对该项锻件的材料特性、结构特点及技术要求, 确定了等温锻造生产工艺, 为该铝合金锻件的生产提供试验依据。

关键词: 6061 铝合金; 等温锻造; 模具

中图分类号: TG 316.3

文献标识码: A

Isothermal forging process for 6061 aluminum alloy

LIN Yan-hong PENG Yan

(1. Guangdong Songshan Polytechnic College, Shaoguan 512126, Guangdong;

2. Dongguan Polytechnic College, Dongguan 523808, Guangdong)

Abstract: The fabricating process, isothermal forging, of the brake pedal forging of 6061 aluminum alloy was described in the article. It is shown that the isothermal process must be formulated according to the material character, structure character, and technical requirements of the forging. The discussion could provide the production of the aluminum forging with experimental basis.

Key words: 6061 aluminum alloy; isothermal stamping; die

0 前言

6061 铝合金是一种典型的可变形热处理铝合金, 属于是铝-镁-硅系合金, 具有良好的综合性能, 其成形方式主要为锻造成形, 其锻件被广泛地应用于汽车、摩托车和游艇上。某工厂的摩托车刹车踏杆锻件采用 6061 铝合金制造, 通过对该项锻件的材料特性、结构特点及技术要求进行分析, 采用等温模锻方法制造, 并结合该厂的设备条件以及针对等温锻造的模具材料昂贵、加工困难、模具加热装置复杂等问题, 对模具结构进行了优化设计, 制定了合理的工艺方案, 为该铝合金锻件的生产提供试验依据。

1 锻件工艺性分析

锻件的工艺性分析, 主要考虑锻件的用料、几何形状、尺寸精度和表面质量等, 下面分别说明。

1.1 锻件结构特点

模锻工艺和模锻方法与锻件形状密切相关。形状相似的锻件, 模锻工艺流程、锻模结构和模锻设备基本相同。为了便于拟订工艺规程, 加速锻件及锻模的设计, 应将各种形状和模锻件进行分类。

该刹车踏杆锻件的形状如图 1 所示, 锻件具有较复杂的形状, 最大长度尺寸 323.5 mm, 最大宽度尺寸 45 mm, 最大高度尺寸 9 mm, 锻件四周(外侧)的斜度 3°, 内盲孔的拔模斜度是 5°。锻件上、下面具有复杂曲线形状, 锻件两头形状差异很大, 尤其大头一侧的凸耳给成形带来了很大困难。该精锻件锻成后, 除了在锻件四周(外侧)有斜度需机加工, 其余为非加工表面。因零件具有复杂不规则形状, 需用数控铣床加工, 这将耗费大量机加工工时和机加工费用, 尤其对较大批量生产, 机加工周期太长将导致生产任务无法按计划完成。

收稿日期: 2011-11-02

作者简介: 林燕虹(1984-), 女, 2010 年五邑大学机械制造及自动化专业硕士研究生毕业。

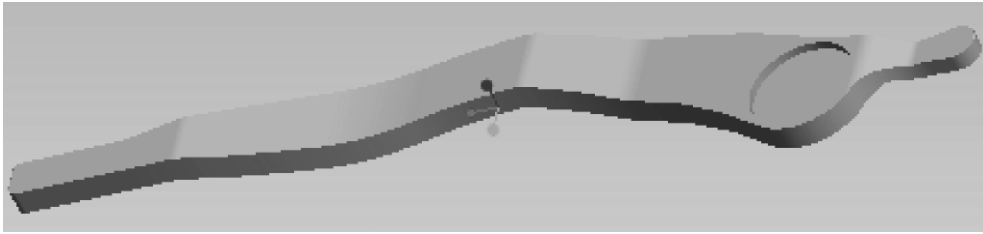


图1 刹车踏杆锻件

1.2 锻件材料特性

铝合金在锻造时通常具有一些特点如流动性差,在高温范围内变形抗力对变形速度的变化敏感,锻造温度范围很窄,导电性好等;再加上产品对象加工成形时变形程度较大,给锻造带来更多的困难.因此,对复杂铝合金零件,特别是高强度铝合金零件的成形加工,大多采用等温锻造的方法来完成.

该刹车踏杆锻件材料选择的是6061铝合金.6061中的主要合金元素为镁与硅,其主要化学成分^[1]如表1所示,具有中等强度、良好的可成型性、抗腐蚀性、可焊接性、氧化效果较好,而且它的相变温度和锻造温度均较低,非常适合采用等温模锻方法制造复杂结构件.

表1 6061铝合金的化学成分

	$w(\text{Mg})$	$w(\text{Si})$	$w(\text{Cu})$	$w(\text{Cr})$	$w(\text{Fe}) \text{ max}$	$w(\text{Mn}) \text{ max}$	$w(\text{Zn}) \text{ max}$	$w(\text{Ti}) \text{ max}$	$w(\text{Al})$
6061	0.8 ~ 1.2	0.4 ~ 0.8	0.15 ~ 0.4	0.04 ~ 0.35	0.7	0.15	0.25	0.15	Bal 余量

1.3 锻件尺寸精度和表面质量

在锻造成形的工艺分析和模具设计中,应考虑影响锻件精度的诸多因素,进行具体分析计算,以确定锻件的尺寸精度.但是,由于影响因素比较复杂,使得理论上不易准确地计算.实际上,如能在生产中严格控制各因素,则锻件的尺寸精度约比模膛精度低2级.就精密模锻而言,目前,温锻件的尺寸精度可达4级,热锻件可达5级左右.表面粗糙度则取决于坯料加热时的氧化程度、模膛的表面粗糙度、模锻时的冷却和润滑以及锻件的冷却条件等^[2].

2 刹车踏杆锻件模具设计

经过对锻件的材料特性、结构特点进行分析,我们认为采用等温锻造工艺可以满足该锻件的技术要求,并结合锻件特点、工艺特性进行了模具设计、加热装置的设计及锻造设备的选择.

2.1 模具的设计

2.1.1 模具设计方案的确定

根据锻造设计情况来分析,该刹车踏杆锻件的有多种模具方案,可设计一套多模膛模具,分别有拔长模膛、滚压模膛、粗锻模膛和终锻模膛;也可设计为两套模具,一套用于粗锻,另一套用于精锻.从经济性和工艺性来看,多模膛模具方案更优.

长轴类锻件的锻打方向和轴线垂直,金属沿轴线流动困难.因此,复杂的锻件要采用制坯模膛来改变坯料形状,合理分配金属以适应锻件横截面积和形状的要求.根据该刹车踏杆锻件的锻造情况,拔长后采用滚压模膛.滚压工步是通过改变坯料的形状,如减小某一部分截面积,增大另一部分的截面积,以获得接近计算毛坯图形和尺寸的坯料的制坯工步.原始坯料经过拔长后再进行滚压可使中间坯料长度准确,表面光圆.本锻件采用闭式滚压如图2所示.

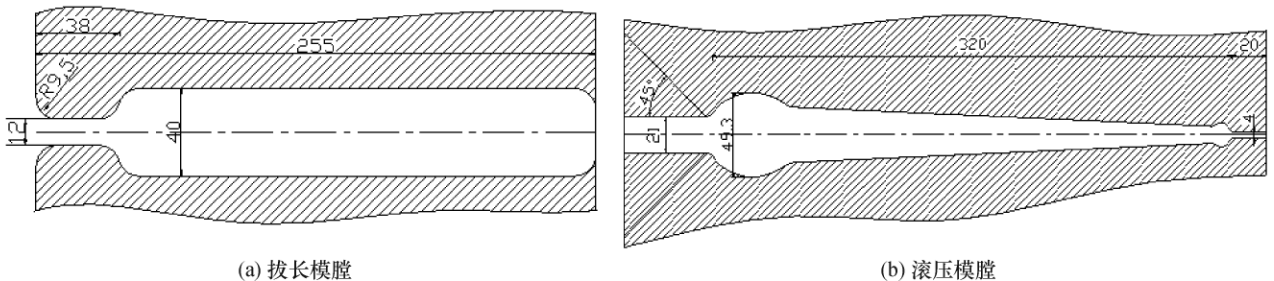


图2 多模膛模具

与普通模锻相比,精密模锻具有提高锻件的尺寸精度和表面质量的优点.精密模锻工艺能获得表面质量好、机械加工余量少且尺寸精度较高的锻件.终锻模膛是为锻件的精密模锻设计的.如图 3 所示.

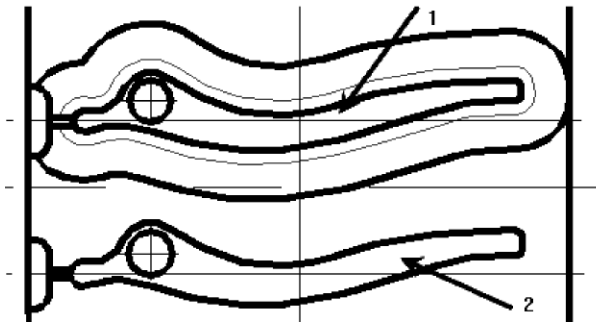


图 3 闭式精密模膛与粗锻模膛
1 - 粗锻模膛; 2 - 精密模膛

2.1.2 模具的材料选择

等温锻造的模具材料主要根据变形温度进行选择,因此,模具材料必须满足锻造温度下的使用范围,常用的有热作模具钢、铁基高温合金、镍基高温合金、铝合金以及陶瓷等.由于 6061 合金锻造温度较低,模具材料初选 5CrMnMo,该材料能满足该合金锻件等温锻造的使用要求,长时间加热模具也不会产生变形,确保等温锻件外形尺寸的要求,且材料费用较低,经济实用.

2.1.3 模具的出模锻斜度和钳口

由于该厂现用的锻造设备没有顶出机构,为了便于脱模,锻件表面上需有模锻斜度.模锻斜度的作用是使锻件成形后能从型槽内顺利取出.锻件外壁上的斜度称为模锻斜度 α ,锻件内壁上的斜度称为模锻斜度 β .当锻件终锻成形后,温度继续下降,外模锻斜度上的金属由于冷缩而有助于锻件出模,内孔因冷缩反而将型槽中突起部分夹得更紧,阻碍锻件出模.所以,在同一锻件上,内模锻斜度应比外模锻斜度大.本锻件粗模锻时铝合金锻件的内模锻斜度为 $5 \sim 7^\circ$,外模斜度为 $3 \sim 5^\circ$,其拔模斜度公差都为 4° ;精密模锻时铝合金锻件的内模锻斜度为 $3 \sim 5^\circ$,外模斜度为 $1 \sim 3^\circ$,其拔模斜度公差都为 3° .

预锻型槽和终锻型槽上有一处特制凹腔,一般称为钳口,如图 4 所示.钳口主要是用来容纳夹持坯料的夹钳,以便于锻件从型槽中取出.制造模锻时,钳口另一作用是作浇铝水或金属盐的浇口,以复制型槽的形状,一般作检验用.钳口与型槽间的沟槽称为钳口颈,其作用也是为了浇铝水或金属盐,更重要的是为了增加锻件与钳夹头连接的刚度,有助于锻件

出模.

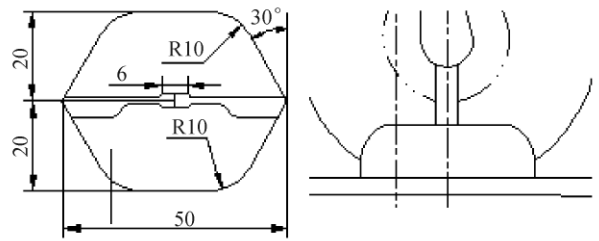


图 4 钳口示意

2.1.4 模具的导向装置

上、下模分别固定在上、下垫板上,为了减少上、下模错移,模具设计有导向装置.本模具的导向采用圆形截面的导柱和导套相配合来起作用.导柱、导套的设置一般设在模板的四边角部位,共四套,其中最好有一个位置错开,这样,当动、定模板合拢时,即使发生方向错误,也能避免错误合拢.导柱和导套的中心位置与模板边缘距离可采用模板的导套孔直径的 $1.25 \sim 1.5$ 倍.在每对导柱、导套的分离部位上开有起模槽,便于将动、定模撬开.在模板上,装有导套孔的后面,开有通气槽,其作用是消除合模时导套孔内的气体因受压缩而产生反压力造成的影响,使得合拢过程能顺利进行.

2.1.5 模具的润滑

由于铝合金的摩擦系数较大,加上等温变形时变形速度较低,因此,较低的变形速度增大了摩擦系数,给金属充填模具型腔和锻件出模带来了困难.因此,润滑剂的选择是等温变形过程中的关键问题之一.本试验选用水剂石墨,它在 500°C 以下长时间保温时脱模性和润滑性良好.等温成形前先将锻坯和模具预热,再把调配好的润滑剂均匀的涂敷在锻坯和模具型腔表面上,然后加热到指定的变形温度.

2.2 加热炉的设计

相关资料表明,铝合金的变形温度基本上在 $350 \sim 500^\circ\text{C}$ 之间,而 6061 铝合金的锻造温度范围为 $432 \sim 480$.由于铝合金的锻造温度范围很窄,所以一般都采用能精确控制加热温度的箱式电阻炉进行加热,温差控制在 $\pm 10^\circ\text{C}$ 以内.根据锻压模具的形状、尺寸、以及液压机的工作情况,同时考虑到良好的热交换条件,保持模具加热温度的均匀性,减少热损失等,本模具采用电阻丝加热模具.为了避免挤压模具、模座等与电热元件相碰撞,在电阻丝的外面包裹着瓷管,在整个装置的外面包裹上耐火纤维毡用来保温.采用了 XMT-101 数显温控装置调节温

度的变化. 该温度控制仪器的测温范围为 0 ~ 1 300 °C, 测温精度为 ±1 °C, 线圈电压为 380 V, 具有过电压、过电流断电保护功能.

2.3 锻造设备

根据锻件的外形尺寸、材料特性, 通过公式计算可以得出锻件成形所需锻压力. 锻造所需的锻压力可按经验公式(1)计算.

$$F_0 = K_1 K_2 \sigma_s A \quad (1)$$

式中: K_1 ——应变速度系数, 查表得 $K_1 = 1.3$; K_2 ——变形方式和摩擦系数影响系数, 精密锻造 $K_2 = 6$, 粗锻造 $K_2 = 3$; σ_s ——终锻温度下坯料真实屈服强度(MPa), 查表得 $\sigma_s = 16$ MPa; A ——锻件在与锻压力方向垂直的方向上的投影面积(mm^2), 通过计算得 $A = 8948.9126 \text{ mm}^2$.

为了安全, 选用的锻造设备的额定吨位 F 值可按式(2)计算:

$$F = (1.2 \sim 1.25) F_0 \quad (2)$$

整理得: $F_1 = 1.2 \times 111.8 \text{ kN} \approx 134.16 \text{ kN}$, $F_2 = 1.2 \times 558.4 \text{ kN} \approx 670.1 \text{ kN}$.

根据工厂锻压设备的情况及等温锻造的特点, 锻造刹车踏杆所选择的设备是液压机 2 000 kN 四柱液压机, 型号为 Y32 - 200, 设备横梁速度为 2 mm/s, 其主要参数如表 2 所示.

表 2 四柱单动液压机

型号	Y32 - 200
公称力/kN	2 000
最大工作压力/MPa	20
最大行程/mm	700
最大闭合高度/mm	1 150
最小闭合高度/mm	450
执行标准	GB17120 - 1997

3 刹车踏杆锻件工艺流程

等温成形工艺作为一种先进的生产工艺, 其优越性是无可置疑的, 但坯料的成形质量直接影响着最终锻件质量, 因此, 制坯工步的设计是关键, 此类锻件制坯工步的选择取决于制坯工步变形量. 制坯工步变形量大小可用金属流入头部系数 α 、金属轴向流动系数 β 、杆部锥度 K 和锻件重量 m 四个指标来衡量. 这四个变形指标越大, 制坯难度就越大. α 大表示流到头部金属多, β 大表示金属轴向流动量

大; K 大表示锥度大, 小头金属过剩多; m 大表示锻件重量大. 本踏杆锻件 m 、 α 、 β 比较大, 需要拔长制坯. 拔长的作用是减少坯料一部分的截面积, 同时增大该处的长度, 对金属进行再分配, 为终锻制坯. 因 $0.02 < K = 0.01875 < 0.05$, 宜用拔长加上闭式滚压制坯. 为易于充满, 应选用方坯料, 由于体积成形时铝合金内部的缺陷(如疏松、缩孔)会被压实, 体积会变小一点, 所以毛坯体积取得相对大一点. 经计算以及考虑夹钳方便, 试锻下料为 25 mm × 200 mm. 所以, 此锻件制坯工步采用先拔长, 后闭式滚压.

由于锻件的截面变化比较大, 外形复杂, 须设计合理的形状尺寸方能满足锻件的成形要求. 经过对锻件的材料特性、结构特点进行分析, 我们选择了如图 5 所示的工艺方案.

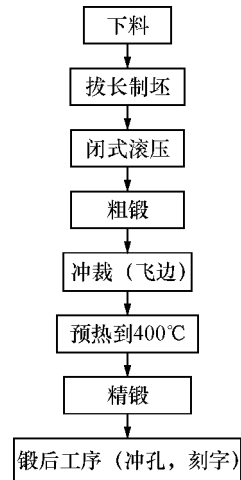


图 5 工艺方案

4 结 语

在试制或小批量生产时, 采用整体式简单等温锻模具, 也可保证铝合金复杂锻件(最小模锻斜度)顺利成形. 试验结果表明, 对于具有高筋薄腹板、凸耳等复杂形状的铝合金锻件, 采用较精确制坯加小毛边等温成形是一条可行的工艺路线.

参考文献

- [1] 潘复生, 张丁非. 铝合金及应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 37.
- [2] 郝滨海. 锻造模具简明设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 8.