

齿轮件自由锻工艺过程

张晨¹, 宋波²

(1. 南车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司, 江苏 常州 213011;
2. 无锡透平叶片有限公司, 江苏 无锡 214000)

摘要: 主要介绍了齿轮件自由锻的基本工序: 锻粗—垫环锻粗—冲孔—冲子扩孔—修整。设计与绘制了锻件图, 计算了坯料尺寸, 确定了锻造温度范围和所需要的自由锻设备, 并介绍了带锯下料, 感应加热。
关键词: 齿轮坯; 自由锻; 垫环锻粗; 冲子扩孔
中图分类号: TG316.2 **文献标识码:** A
文章编号: 1674-6457(2012)03-0070-05

The Process of Forming a Gear by Open Die Forging

ZHANG Chen¹, SONG Bo²

(1. CSR Qishuyan Institute Co., Ltd., Changzhou 213011, China;
2. Wuxi Turbine Blade Co., Ltd., Wuxi 214174, China)

Abstract: The essential process of forging a gear in an opening die is upsetting, backing ring upsetting, punching, bore enlarging by punch, and trimming. The forging drawing of the part, the dimension of the blank, the range of the forging temperature, the equipment needed, the blanking process with band saw, and the induction heating of the workpiece are mentioned in this paper.
Key words: gear blank; open die forging; backing ring upsetting; bore enlarging by punch

应厂家要求生产一种齿轮件, 零件尺寸如图 1 所示, 材料为 45 钢。因为是小批量, 所以采用自由锻工艺生产。

1 设计、绘制锻件图

锻造是在压力的作用下改变金属形状获得外形接近于零件尺寸毛坯的过程。锻造金属材料, 可以获得所需的形状和尺寸, 改善零件内部组织, 使零件的力学性能得到提高。

图 1 中齿轮的模数 $m=2.5$, 齿数 $z=108$, 分度圆直径 $d=m \times z=270 \text{ mm}$ 。齿顶高 $h_a=m \times h_a^*=$

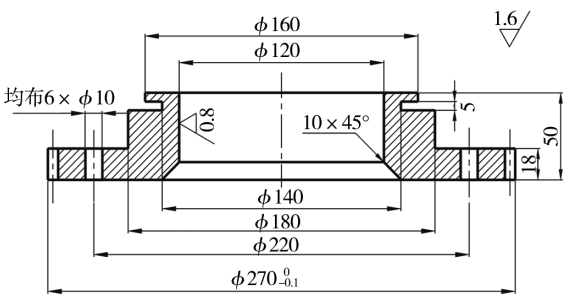


图 1 齿轮零件

Fig. 1 Gear part

2 mm (h_a^* 为齿顶高系数, 标准值为 0.8), 齿顶圆直

收稿日期: 2011-08-27

作者简介: 张晨(1989—), 男, 江苏徐州人, 主要研究方向为动车制动盘以及铝合金轴箱体等模锻工艺。

径 $d_a=d+2h_a=274\text{ mm}$ 。

该齿轮锻件属带孔圆盘类,最大直径 $D=274\text{ mm}$,在 $250\sim 315\text{ mm}$ 之间;高度 $H=50\text{ mm}$,在 $40\sim 63\text{ mm}$ 之间。根据 JB 4249.6—1986 圆环类自由锻件机械加工余量和公差标准,可查得,锻件水平方向的双边余量公差: $a=12\pm 5\text{ mm}$,即锻件水平方向尺寸为 192 mm ,公差为 $\pm 5\text{ mm}$;锻件高度方向双边余量和公差: $b=10\pm 4\text{ mm}$,高度方向的尺寸即为 60 mm ,公差为 $\pm 4\text{ mm}$;内孔双边余量和公差: $c=14\pm 6\text{ mm}$,即内孔尺寸为 106 mm ,公差为 $\pm 6\text{ mm}$ 。

锻造过程中,为了简化锻件外形使锻件易于锻造,零件上较小的孔、狭窄的凹槽以及尺寸较小而不容易锻造的地方,通常不考虑锻出,这些附加部分金属称为锻造余块。

因为齿轮法兰盘上 4 个孔的直径小于 $\phi 30\text{ mm}$,所以不需要锻出,在后续机加工时加工此孔。由于中心孔直径($\phi 120\text{ mm}$) $>\phi 30\text{ mm}$,应该采用冲孔后扩孔工艺。另外在图 1 中, $\phi 160\text{ mm}$ 外径处 5 mm 宽的环形窄槽无法锻出,同时三级台阶 $\phi 140$ 、 $\phi 160$ 和 $\phi 180\text{ mm}$ 外径尺寸相差不大,故也不锻出,其锻件如图 2 所示。

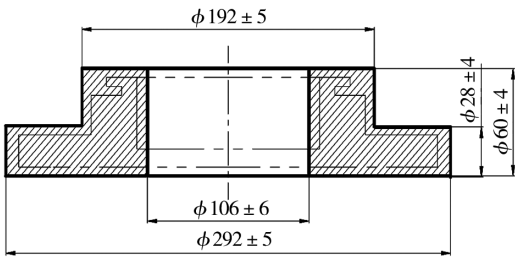


图 2 齿轮锻件
Fig. 2 Gear forging

2 确定变形工序及工序尺寸

由图 2 可知,大端外圆直径为 $\phi 292\pm 5\text{ mm}$,高为 $28\pm 4\text{ mm}$,小端外圆直径 D 为 $\phi 192\pm 5\text{ mm}$,内孔直径 d 为 $\phi 106\pm 6\text{ mm}$,高度 $H=60\pm 4\text{ mm}$ 。小端外圆直径 D 与内孔直径 d 之比为 $D/d=1.81$, $H/d=0.57$ 。从锤上锻造空心锻件的工艺过程方案图中^[2]查得,该锻件的变形工序为:下料—镦粗—冲孔—冲子扩孔—修整。

3 计算坯料尺寸

坯料体积 V_0 包括锻件体积 $V_{\text{锻}}$ 和冲孔芯料体积 $V_{\text{心}}$,并加上烧损体积,即:

$$V_0=(V_{\text{锻}}+V_{\text{心}})(1+\delta)$$

锻件体积按锻件图公称尺寸计算:

$$V_{\text{锻}}=2\,270\,910.8\text{ mm}^3$$

冲孔芯料厚度与毛坯高度有关。因为冲孔毛坯高度 $H_{\text{孔}}=1.05H_{\text{锻}}=63\text{ mm}$, $H_{\text{心}}$ 为 $(0.2\sim 0.3)H_{\text{孔}}$,系数取小值 0.2 , $H_{\text{心}}=12.6\text{ mm}$,取 13 mm 。

于是
$$V_{\text{心}}=\frac{\pi}{4}d_{\text{冲}}^2H_{\text{心}}=25\,512.5\text{ mm}^3。$$

加热设备选择感应加热,烧损率较小,一般情况下取 0.5% 。

代入 V_0 的计算公式:

$$V_0=(V_{\text{锻}}+V_{\text{心}})(1+0.5\%)=2\,307\,905.42\text{ mm}^3。$$

由于第 1 道工序是镦粗,坯料直径 D_0 取 $(0.8\sim 1.0)\sqrt[3]{V_0}$,这里系数取 1 ,则 $D_0=132.15\text{ mm}$,取 $D_0=130\text{ mm}$ 。

$$D_0=(0.8\sim 1.0)\sqrt[3]{V_0}(\text{系数取 }1)=132.15\text{ mm}$$
取 $D_0=130\text{ mm}$

$$H_0=\frac{V_0}{\frac{\pi}{4}D_0^2}=174\text{ mm}$$

下料尺寸初步设计为 $\phi 130\text{ mm}\times 174\text{ mm}$ 。

4 镦粗

采用平砧镦粗,取镦粗比为 1.8 ,因为镦粗比 $K_H=H_0/H$,所以坯料变形后高度 $H=96.7\text{ mm}$ 。

镦粗后的坯料呈鼓形,其示意如图 3 所示,最大直径为 $\phi 180\text{ mm}$ 。垫环镦粗之前进行平砧镦粗不仅可以使两端面平整,而且可以将氧化皮去除。

由于锻件带有单面凸肩,所以还需采用垫环镦粗,如图 4 所示。

垫环尺寸的确定过程如下:

垫环孔腔体积 $V_{\text{垫}}$ 应比锻件凸肩体积 $V_{\text{肩}}$ 大 $10\%\sim 15\%$,对于厚壁取小值 10% ,对于薄壁取大值 15% 。该例中齿轮孔尺寸为 $\phi 106\text{ mm}$,故取 12% 。由于锻件凸肩直径为 192 mm ,所以 $V_{\text{肩}}=$

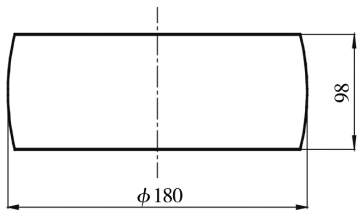


图3 锻粗后的坯料

Fig. 3 The blank after upsetting

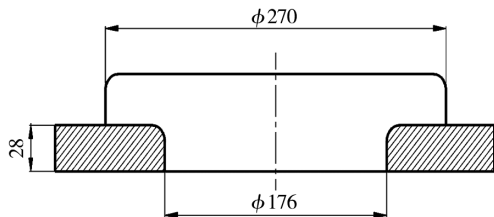


图4 垫环局部锻粗

Fig. 4 Local upsetting with backing ring

926 023.68 mm³, 则

$$V_{\text{垫}} = 1.12 \times V_{\text{肩}} = 1\,037\,146.52 \text{ mm}^3$$

考虑到冲孔时产生拉缩,垫环高度 $H_{\text{垫}}$ 应该比锻件凸肩高度 $H_{\text{肩}}$ 增大 15%~35% (厚壁取小值,薄壁取大值),这里取 20%。

$$H_{\text{垫}} = 1.2 H_{\text{肩}} = 38.4 \text{ mm}, \text{取 } 38 \text{ mm}$$

由于锻造前后锻件外形尺寸发生变化,但总体积不变,垫环内径 $d_{\text{垫}}$ 可根据体积不变求得,即

$$d_{\text{垫}} = 1.13 \sqrt{\frac{V_{\text{垫}}}{H_{\text{垫}}}} = 183 \text{ mm}$$

垫环内壁取锻模斜度 7°,下端孔径定为 φ176 mm。

平砧锻粗后坯料的直径应略小于垫环内径,这样在操作时可以将坯料很方便地放入垫环中。经垫环锻粗后法兰部分直径应小于锻件最大直径,原因是经过后道冲孔与扩孔工序后,锻件的直径会有所增大。

5 冲孔

锻造中冲通孔时,必须采用双面冲孔。先用实心冲子轻冲,如图 5 所示,保证不能冲偏;再向冲好的浅孔内撒入煤粉,重击冲孔至孔深达到锻件深度 2/3 左右,翻转毛坯,将冲子放在出现黑印的位置,

迅速冲除芯料,得到通孔。在冲孔过程中,由于坯料局部加载,整体发生变形,毛坯高度减小,直径有所增大。

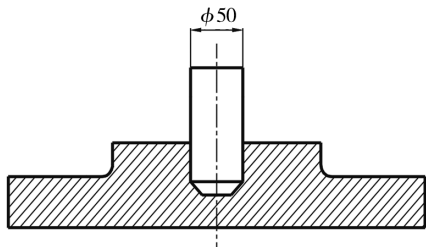


图5 冲孔工序

Fig. 5 Punching process

冲孔应使冲孔芯料损失小,这样就要求冲孔芯料的直径不能太大,同时扩孔次数也不能太多,冲孔直径 $d_{\text{冲}}$ 应小于或等于 $D/3$,即 $d_{\text{冲}} \leq 64.3 \text{ mm}$,实际选用 50 mm。冲子直径为 φ50 mm,冲子上圆柱面的锥度为 5°。

冲孔所采用的冲子材料为 5CrMnMo,热处理后硬度取为 54~58HRC。

6 扩孔

采用如图 6 所示的锥度冲子扩孔,扩孔工序如图 7 所示。第 1 次扩孔所选择的冲子小头直径 $d = \phi 48 \text{ mm}$, $H = 110 \text{ mm}$,锥度为 8°;第 2 次扩孔所选择的冲子小头直径 $d = \phi 78 \text{ mm}$, $H = 100 \text{ mm}$,锥度 8°。扩孔时由于沿坯料径向胀孔,坯料横向受拉应力,容易胀裂,故每次扩孔量不宜过大。总扩孔量为锻件孔径减去冲孔直径,即为 56 mm。

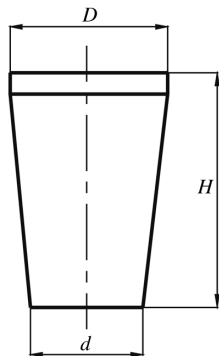


图6 扩孔冲子

Fig. 6 Bore enlarging punch

10 加热设备的选择

金属材料加热方法主要分为火焰加热法和电加热法。

现在用得比较多的电加热法是感应加热装置加热。感应加热装置加热广泛用于齿轮、轴、曲轴、凸轮、轧辊等工件的加热。

感应加热的主要特点是:工件变形小,电能消耗小,加热速度快,质量好($1.7\sim 2.5\text{ cm/min}$),氧化脱碳少,金属烧损率少,一般烧损率为 0.5% 。在感应加热时要注意避免产生过热和过烧等现象,加热时要严格控制感应加热装置的输入功率,选择与被加热工件相对应的频率。由于坯料直径为 $\phi 130\text{ mm}$,电流频率应选择中频 500 Hz ,单位电能消耗为 $0.4\sim 0.55\text{ kW}\cdot\text{h/kg}$ 。

11 自由锻设备吨位的选择

自由锻设备的选择主要是根据锻造所需要的力能参数决定。锻造所需要的力能参数与锻件的大小,复杂程度,金属材料的性质等因素有关。对于中小型自由锻来说,自由锻设备吨位多按经验公式和经验数据选择。

该例齿轮件为小型件,材料为45钢,锻造设备吨位的选择可从《自由锻锤锻造能力表》中查得。根

据锻件类型为圆饼类锻件,最大直径 $D=\phi 274\text{ mm}$,在 $250\sim 300\text{ mm}$ 之间,高度 $H=50\text{ mm}$,在 $50\sim 100\text{ mm}$ 之间,在表中查得设备吨位可选择 0.75 t 的空气锤。

12 结语

自由锻是将坯料加热到锻造温度后,在锻压设备和简单工具的作用下,通过人工操作获得所需锻件的一种方法。文中介绍了一种齿轮件的锻造工艺,这种工艺在一般的锻造生产中较为常见。同时为类似的产品加工提供理论和现实依据。

参考文献:

- [1] JB 4249.6—1986,圆环类自由锻件机械加工余量和公差标准[S].
- [2] 胡亚民,华林. 锻造工艺过程及模具设计[M]. 北京:中国林业出版社,2006.
- [3] 中国锻压协会. 锻造加热与热处理及节能环保[M]. 北京:国防工业出版社,2010.
- [4] 程里,程方. 锻工速成与提高[M]. 北京:机械工业出版社,2008.
- [5] 周大雋. 锻压技术数据手册[M]. 北京:机械工业出版社,1998.
- [6] 中国机械工程学会塑性工程学会. 锻压手册[M]. 北京:机械工业出版社,2007.

(上接第69页)

下顶料机构,冷却用的石墨乳化液不能过多喷入模具型腔,否则,模具下顶料机构容易卡死,造成模具损坏^[4]。

5 结语

成形锻粗和预锻制坯时,部分口部局部充不满,此状况不会影响终锻成形。

经过批量生产使用,该模具结构紧凑,工艺简单实用,达到了预期目的,锻件各部分成形较好,金属流线完整,残留毛边小,整体均匀,经力学性能检测和加工使用,完全满足产品的各项技术要求,产品研发生产取得成功^[5]。

参考文献:

- [1] 余承辉,杨继璋. 单拐曲轴的锤上模锻[J]. 热加工工艺,2010(11):115—117.
- [2] 张志文. 锻造工艺学[M]. 北京:机械工业出版社,1984:230—250.
- [3] 中国机械工业学会锻压学会. 锻压手册[M]. 北京:机械工业出版社,2001:817—824.
- [4] 黄荣强. 锻模设计基础[M]. 北京:中国铁道出版社,1983:41—56.
- [5] 杨继璋. 轿车左右横臂的锤上模锻工艺[J]. 锻压装备与制造技术,2004(2):68—69.