

大型环形锻件的马架扩孔

中国航空燃气涡轮研究所 黄泰峰

摘要 叙述了大型环形锻件的自由锻固定马架和活动马架扩孔成形,指出应根据锻件的材料、尺寸、质量和批量要求,来选择马架扩孔方式,并重视毛坯原材料、加热、工具加工和操作技术等环节质量的提高。

主题词: 环形锻件 马架扩孔 压力加工

在现代压力加工中,对于大型环形锻件的生产,可以采用辗压机(扩孔机)辗锻成形。它具有尺寸精确、生产效率高、锻件质量好等优点。在不具备辗锻的生产条件下,则可以在自由锻锤或水压机上用马架扩孔成形。

1 自由锻马架扩孔成形

1.1 固定马架扩孔成形

固定马架是自由锻工装(图1),主要用于批量生产环形锻件。由于受设备有效工作空间的限制(锤砧表面至马杠的距离),初成形的大型环形锻件不能在固定马架上最终成形,因此固定马架的应用范围受到影响。采用图1所示的马架—垫环工装,即在马杠上套入适当的垫环后再扩孔(或者将马杠与垫环设计加工为整体),从而增加固定马架的操作空间高度,就可以用小马架锻造出大型环形工件。它能够提高工效,节省成本,减轻劳动强度,深受生产工人欢迎。

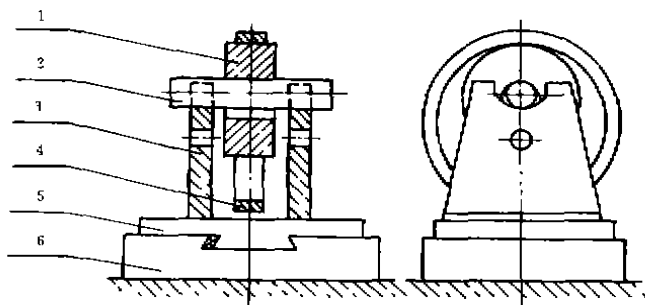


图1 自由锻固定马架

1. 垫环; 2. 马杠; 3. 固定马架; 4. 锻件;
5. 锤砧; 6. 砧基。

1.2 活动马架扩孔成形

为了增加马架的应用范围和适应不同锻件的批量要求,可以设计加工出活动马架。一种方法是改进固定马架与砧座的连接形式,用直接插入式代替燕尾槽连接(图2)。它能够在一台锻锤上完成预冲孔和扩孔最终成形,但能承受的锤击力较小,适于单件或小批量大型环形件的锻造成形。另一种方法是将支撑马杠的马架侧板设计成可以转动的活动马架(图3),较之传统的固定马架有着优异的性能。当坯料扩孔后环形件二端面鼓肚凸凹不平时,只要将活动马架翻转一个角度,就可以在平砧A上校平整形,而不必从锻锤上卸下马架或转移工件。操作方法得当时,不仅能够在一台锻锤上进行锻粗、预

冲孔,而且能完成扩孔直至最终成形。采用活动马架生产大型环形锻件,生产效率高、工人劳动强度小、工具寿命长、经济效益好。

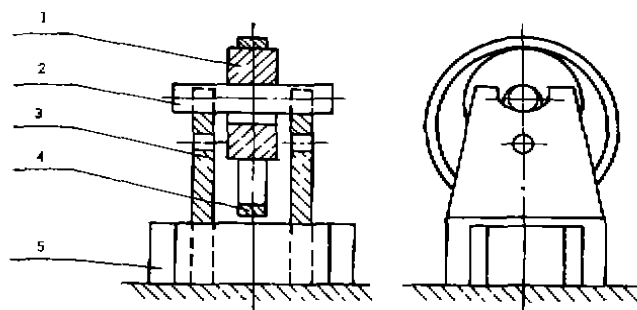


图2 自由锻活动马架(一)

1. 垫环; 2. 马杠; 3. 活动马架;
4. 锻件; 5. 锤砧。

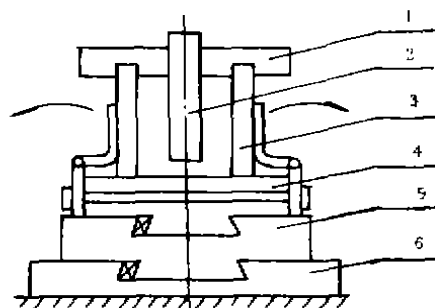


图3 自由锻活动马架(二)

1. 马杠; 2. 锻件; 3. 活动马架; 4. A砧;
5. B砧; 6. 砧基。

1.3 “劈口—马架”锻造法

齿圈(图4)是一个小截面大直径环形件,若直接采用马架扩孔法锻造,需预冲孔,浪费较多材料,并要更换不同尺寸的马架和马杠,劳动强度大,生产效率低。

现用“劈口—马架”锻造法,按照图5所示的工序步骤,可以高效优质地锻造出齿圈锻坯。这种工艺方法的关键所在,就是要合理地确定劈口尺寸。劈口两端部宽度要稍大于齿圈厚度,以保证在扩宽开口时有足够的余量;扩口工序的终锻温度不能太低,防止端部产生裂纹;扩口尺寸以能顺利插入马杠为

原则。在实际操作中,只要技术方法掌握得当,加热2火次即可完成齿圈的锻造,工效可提高2~3倍。

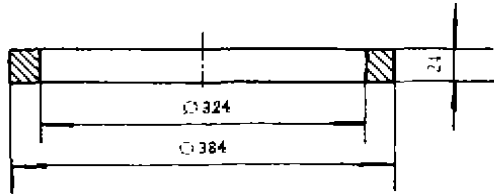


图4 齿圈锻件

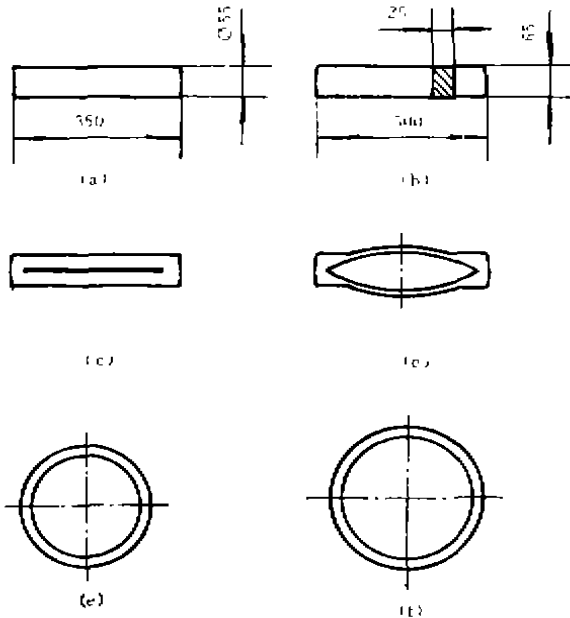


图5 齿圈锻造工序

- a. 下料; b. 制坯; c. 劈口; d. 扩孔;
e. 马架扩孔; f. 模心修正。

2 马架扩孔操作技术

为了优质高效地锻造出大型环形件,避免出现表面凸凹不平和存在显微裂纹、折叠等缺陷,大型环形件(尤其是质量要求高的特大型环形件)所用锻造毛坯,应经机械加工去除表面缺陷并成为规则外形的圆棒料后才能投产。棒料定尺寸下料要打磨除去端面毛刺且倒角,以免毛刺在变形中镶入锻件表面而形成折叠。

大型环形锻件,对毛坯的加热质量要求较高。毛坯棒料应置于炉温偏差 $\leq \pm 10^\circ\text{C}$ 的温度合格区中加热与保温。为了使棒料加热均匀,棒料要翻动1~3次(视锻件材料和尺寸而定)。加热后棒料要迅速送到锻锤上,以争取获得较高的始锻温度。铝合金和铜合金等导热率较高的锻件,出炉后除了向周围空间散热外,与锤砧或工具接触后,其接触表面的温度会急剧下降。为了避免接触表面层的金属加工硬化,且使一次加热尽可能获得较大的形变量,在工作前或锻造间隙 $\geq 10\text{min}$ 后

须用煤气或乙炔焰等加热器烘烤锤砧至 $200\sim 300^\circ\text{C}$,其它与毛坯接触的工具也必须预热至 $150\sim 200^\circ\text{C}$ 。

不锈钢、高温合金、铝合金等材料与模具表面的摩擦系数较大,在锻造变形时,往往会粘接在模具表面上。因此,毛坯变形前、变形中均要用石蜡或动物脂肪润滑油润滑锤砧表面和工具表面。由于粗糙的模具表面会加剧铝合金等材料的粘接倾向,所以为锻造高性能锻件(如航空发动机压气机机匣框架)而制造的专用锤砧和工具的表面粗糙度应达到 $Ra0.4\mu\text{m}$ 。

大型环形锻件的成形过程主要由墩粗、冲孔、扩孔三个主要工步组成。其外形转变应遵循:圆柱(毛坯棒料) \rightarrow 短圆柱(中心冲孔) \rightarrow 6棱柱 \rightarrow 12棱柱 \rightarrow 24棱柱 \rightarrow 多棱柱 \rightarrow 圆环。扩孔时,每一工作行程的变形量要均匀。每锤击一次,坯料要转动一个角度,转动 360° 后应从马杠上取下平整端面。为避免表面裂纹和折叠缺陷的形成,不应在锻件一处连击,变形初期,锤击力要重;变形中期,锤击力中等且均匀;而在变形后期,锤击要轻且快捷,近似连续变形。

对于大型环形锻件采用自由锻在马架上扩孔成形,产生梯形截面(外形呈锥状,严重时会产生马蹄形缺陷,甚至会使产品报废)是难以避免的。马蹄形缺陷的形成机理是(图6),当坯料在马杠上扩孔时,由于马杠有一定的长度和操作的不确定性,容易使坯料偏向马杠的一侧。因偏离锤击中心,使变形力 P 相对打击中心偏转一个角度 α 。此时,作用在锻件上的主变形力 P 可分解为垂直分力 P_y 和水平分力 P_x (图6I)。在 P_y 、 P_x 的作用下,金属除了沿径向流动外(增大直径),还沿轴向流动。由于金属沿这两个方向流动的速度是不均匀的,结果导致初成形的环形件外径呈锥状(图6II),横截面呈梯形,这就是马蹄形缺陷的雏形。继续扩孔变形,由于锤砧与锻件外径表面的接触不在一个水平面(或线)上,从而使水平分力 P_x 随着斜面斜率的增加而加大。由于金属沿轴线方向的流动没有限制,随着直径的扩大,其横截面在 P_x 、 P_y 的作用下,由梯形变形成平行四边形,锻件外形呈马蹄形(图6III)。

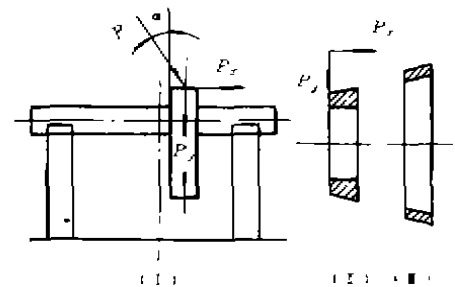


图6 马蹄形缺陷形成机理

为避免出现马蹄形缺陷,锻件锥状一经产生,应立即将锻件移向马杠紧靠马架侧板的另一端校形。这样,随着直径的扩大,梯形截面逐渐转变成矩形截面。当然,实际效果仍取决于操作者的技能水平。