

内燃机车大型柴油机连杆自动掉头制坯辊锻工艺

北京机电研究所 (100083) 蒋 鹏 胡福荣 余光中 曹 飞

辊锻是指用一对相向旋转的扇形模具使坯料产生塑性变形,从而获得所需锻件或锻坯的一种锻造工艺。它既可作为模锻前的制坯工序,为长轴类锻件提供锻造用毛坯(称为制坯辊锻),亦可在辊锻机上实现主要的锻件成形过程或直接辊制出锻件(称为成形辊锻)。辊锻工艺不仅可以获得较为精确形状、尺寸和表面质量的毛坯,而且具有生产率高、模具寿命长及材料利用率高等优点。

连杆属于长轴类锻件,是特别适于辊锻制坯的典型零件。其大头、小头和杆部的截面积相差较大,需制坯后再进行模锻。连杆的制坯辊锻有一模两件和一模一件等不同工艺,一般把夹钳头作为大头坯料部分。但 280 连杆形状比较特殊,所需坯料两头较小,中间大,需掉头辊锻才能完成。

此前,国内在 $\phi 1000\text{mm}$ 辊锻机上应用的工艺主要是前轴的精辊-模锻工艺。而 280 连杆毛坯在 $\phi 1000\text{mm}$ 辊锻机上自动掉头成形具有特殊性,属于创新工艺,国内此前尚无应用。本文重点介绍该工艺的设计方法。

1. 280 连杆工艺性分析及辊锻件图的确定

280 连杆为铁路内燃机车用柴油机连杆,锻件简图如图 1 所示,三维造型如图 2 所示。锻件材料为 42CrMo,重量约 49kg,连杆体和连杆盖的结合面不与连杆主轴线垂直,而是倾斜 45° 。

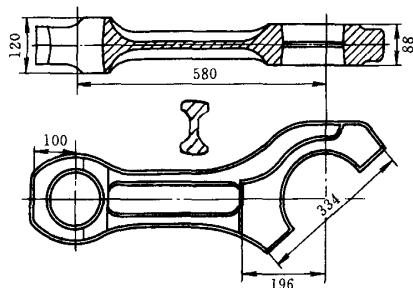


图 1 铁路内燃机车用 280 柴油机连杆锻件简图

原工艺为自由锻制坯后再用 16t 锻锤模锻成形,需加热两次,制坯和模锻各一次。为了提高产品质量,工厂新建了一条锻造生产线,以引进 50000kN 离合器式高能螺旋压力机为模锻主机,配

1000kW 中频感应加热炉加热,20000kN 液压机切边和热校正,并配 $\phi 1000\text{mm}$ 辊锻机及操作机械手(机身上安装调头手一台)为模锻工步制坯。280 连杆自动调头辊锻工艺就在该辊锻机上完成。



图 2 280 柴油机连杆三维造型图

根据新生产线的情况,确定工艺过程为:感应加热→辊锻制坯→弯曲→预锻→终锻→切边→热校正。国内曾有文献介绍过一种小型连杆手工操作的掉头辊锻工艺,用国产 D43—630 辊锻机 5 道次成形。受该文的启发,我们在设计 280 连杆工艺时曾设想弯曲工步在辊锻机上完成,即增加一道辊弯工序(见图 3)。鉴于辊锻模安装尺寸、模具强度和节拍等方面的考虑,未采用该方案,而是将弯曲工步放在模锻主机上完成。

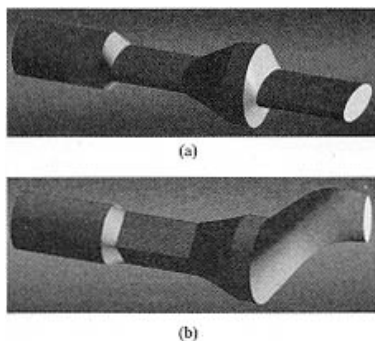


图 3 在辊锻机上完成弯曲的设想

(a) 辊弯前坯料形状 (b) 辊弯后坯料形状

在 280 连杆锻件图的基础上,加飞边绘制其截面图,再在该截面图的基础上设计出初步辊锻毛坯图。为了更准确地确定辊锻毛坯图,我们根据设计出的初步辊锻毛坯尺寸,用车削的方法加工出坯



料,再经实际锻造工艺验证,最后得出的辊锻毛坯如图4所示。在该过程中, $\phi 155\text{mm}$ 处尺寸有较大变动,由最初设计的 14mm 变为 50mm ,更改的原因是更有利于锻件充满。

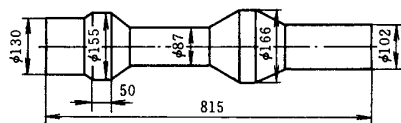


图4 280连杆的辊锻毛坯图

2. 辊锻工艺方案的选择确定

(1) 4模4辊工艺方案 受辊锻模宽度的制约, $\phi 1000\text{mm}$ 辊锻机锻辊只能安装4副辊锻模,因此设计了4模4辊的工艺方案(见图5)。该方案使用4副辊锻模进行4道次辊锻。在第1、2道辊锻后掉头,再进行第3、4道辊锻。

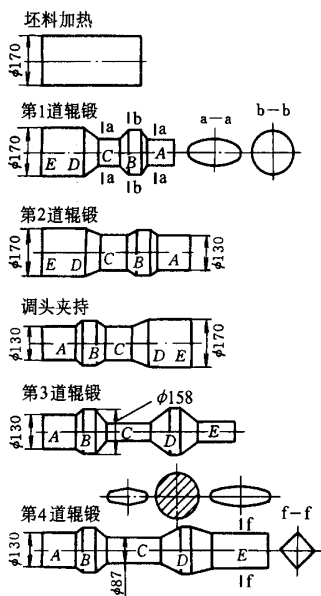


图5 4模4辊辊锻工艺方案

按该工艺方案,连杆毛坯和小头对应部分的坯料外径由 $\phi 170\text{mm}$ 经辊锻后变为 $\phi 130\text{mm}$,伸长系数较小,因此该部分用两道次辊锻成形。方案的安排为:第1、2道辊锻成形,辊锻孔型为圆-椭圆-圆,轧出 $\phi 130\text{mm}$ 小端后掉头,以该端作为后续辊锻工步的机械手夹持端。

连杆毛坯和杆部对应部分坯料外径由 $\phi 170\text{mm}$ 经辊锻后变为 $\phi 87\text{mm}$,伸长系数为 3.82 ,该部分应该采用4道次辊锻成形。在本工艺方案中,第

1、2、3、4道辊锻过程中每一道都参与变形,辊锻孔型为圆-椭圆-圆-椭圆-圆。

连杆毛坯和开口弯头大头部位对应的部分坯料外径由 $\phi 170\text{mm}$ 经辊锻后变为 $\phi 102\text{mm}$,伸长系数为 2.78 ,该部分应该采用两道次辊锻成形,但平均每道次的伸长系数较大。若采用圆-椭圆-圆的孔型进行两道次辊锻,经计算其截面见图6,第2

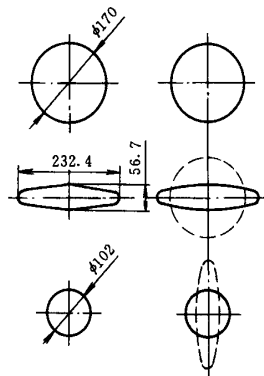


图6 大头部分坯料用圆-椭圆-圆的孔型进行两道次辊锻简图

道辊锻后椭圆毛坯的轴长比为 4.1 ,而椭圆毛坯进圆形型槽的极限轴长比为 3.5 ,因此采用圆-椭圆-圆的孔型极易失稳,有可能造成整个工艺的不稳定,因此该型系不宜选用。若采用圆-椭圆-方的孔型进行两道次辊锻,经计算其截面见图7,第2道辊锻后椭圆毛坯的轴长比为 3.3 ,而椭圆毛坯进方形型槽的极限轴长比为 5 。可见,采用圆-椭圆-方的孔型合理,整个工艺稳定,是较好的型系选择。

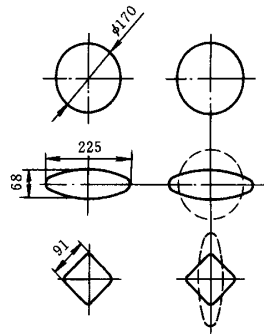


图7 大头部分坯料用圆-椭圆-方的孔型进行两道次辊锻简图

(2) 4模6辊工艺方案 4模4辊方案具有许多优点,但最终制坯辊锻出的大头部分坯料的产品截面形状为方形,与原设计不符。虽然理论上对成



形没什么影响,但由于锻造工艺设计者坚持要求轧出圆形截面的坯料,所以放弃了4模4辊方案,另外设计了4模6辊方案,辊锻工步见图8。

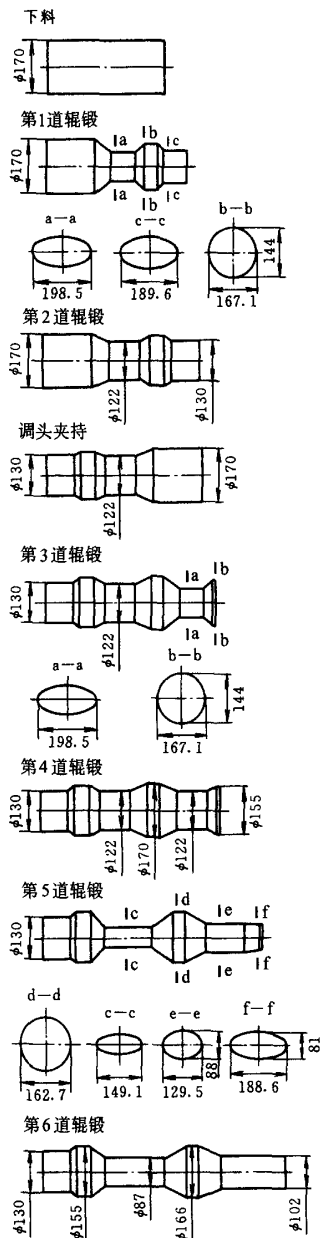


图8 4模6辊辊锻工艺方案

该方案仍使用4副辊锻模,但进行6道次辊锻。在第1、2道辊锻后进行掉头,辊锻机械手回到起始工位,利用第1、2道辊锻模的孔型进行第3、4道辊锻,即第1、3道辊锻合用一副辊锻模,

第2、4道辊锻合用一副辊锻模,然后再在其余两道辊锻模上进行第5、6道辊锻。

该工艺方案的第1、2道和4模4辊方案相同,连杆毛坯和小头对应部分坯料外径由 $\phi 170\text{mm}$ 经两道次辊锻后变为 $\phi 130\text{mm}$,辊锻孔型为圆-椭圆-圆,轧出 $\phi 130\text{mm}$ 小端后掉头,以该端作为后续辊锻工步的机械手持夹端。

连杆毛坯和杆部对应部分坯料外径由 $\phi 170\text{mm}$ 经辊锻后变为 $\phi 87\text{mm}$,该部分应该采用4道次辊锻成形。在本工艺方案中,第1、2、3、4道辊锻过程中每一道都参与变形,辊锻孔型为圆-椭圆-椭圆-圆。

连杆毛坯和开口弯头大头部位对应部分坯料外径由 $\phi 170\text{mm}$ 经辊锻后变为 $\phi 102\text{mm}$,该部分应采用4道次辊锻成形,第3、4道辊锻完成后随辊锻模的形状变成台阶形,该形状经第5、6道辊锻后变成最终形状 $\phi 102\text{mm}$ 。

3.4 模6辊工艺的实际使用效果与评价

4模6辊工艺方案比较复杂,但在理论上可行,并且是满足客户对辊锻毛坯图要求的唯一选择,因此在该高能螺旋压力机锻造生产线中采用了该辊锻工艺。4模6辊方案在用户工厂的现场调试过程中,经工艺、设备和电控三方的共同努力,达到了预期的效果,证明工艺是可行的。但是,由于该方案的复杂性和预见的相一致,在调试过程中耗费了人力和时间。和4模4辊工艺相比,4模6辊工艺方案存在以下不足:

(1) 增加了两道辊锻工序,相应延长了工时,对提高效率不利,同时也使辊锻件进入模锻时的始锻温度降低,增加了对模锻设备打击力的要求。

(2) 机械手需要多次定位,给辊锻机和电控增加了很多负担,编程人员和工艺人员在现场同时工作才能取得数据,并在调试过程中多次修改了程序。

(3) 由于孔型需考虑重复利用,所以增加了设计和调试的难度。

4. 结语

280连杆毛坯在 $\phi 1000\text{mm}$ 辊锻机上自动掉头成形在国内为首次应用,在分析比较了4模4辊和4模6辊等不同辊锻工艺方案优缺点的基础上选用4模6辊方案具体实施,经现场调试,该工艺生产出的辊锻件达到了预期效果。 (20040813)