

## 电渣合金钢空心类锻件生产工艺的优化

赵 新<sup>1</sup> 刘德富<sup>2</sup>

(1 郑州航空工业管理学院六系, 郑州 450015; 2 东北特殊钢集团有限公司, 大连 116031)

**摘 要** 典型的空心锻件-电渣合金钢辊套锻重 $\geq 2$  t, 内孔直径 560~880 mm, 外径 670~1 200 mm, 长 1 300~1 780 mm。在保证质量的基础上, 采用改进的工艺-直接锻粗法后, 与传统工艺相比, 可减少 2 道工序和一次中间加热, 锻件成材率提高 5%~15%, 显著降低生产成本。

**关键词** 空心类锻件 电渣重熔 合金钢 锻造 成材率

## Optimization of Process for Hollow Forgings of ESR Alloy Steels

Zhao Xin<sup>1</sup> and Liu Defu<sup>2</sup>

(1 The Sixth Department, Zhengzhou Institute of Aeronautic Industry Management, Zhengzhou 450015;  
2 Northeast Special Steel Group Co Ltd, Dalian 116031)

**Abstract** Typical hollow forgings - electro-slag remelting (ESR) alloy steel roll sleeve with inner diameter 560~880 mm, outer diameter 670~1 200 mm and length 1 300~1 780 mm are usually produced by  $\geq 2$  t ingots. Based on the ensuring product quality, as compared with traditional forging process, it is available to decrease by 2 procedures and once reheating with using optimized process- direct forging upsetting. The forgings yield increased by 5%~15% to obviously decrease production cost.

**Material Index** Hollow Forgings, ESR, Alloy Steel, Forging, Yield

### 1 空心类锻件

常见的空心类锻件可分为环形件和筒形件两大类(图 1)。其中环形锻件包括各种圆环、齿圈和轴承环等, 而筒形锻件主要包括各种圆筒、缸体和空心轴等。采用传统锻造工艺生产空心锻件的基本工序有压钳把、下料、镦粗、冲孔、芯轴扩孔、芯轴拔长<sup>[1]</sup>。环形锻件的常用钢号有 25Cr2MoVA、GCr15 等, 其锻造过程为: 压钳把→下料→镦粗→冲孔→芯轴扩孔。筒形锻件的常用钢号有 9Cr2Mo、PCrNi3MoV 等, 锻造过程为: 压钳把→下料→镦粗→冲孔→芯轴拔长。

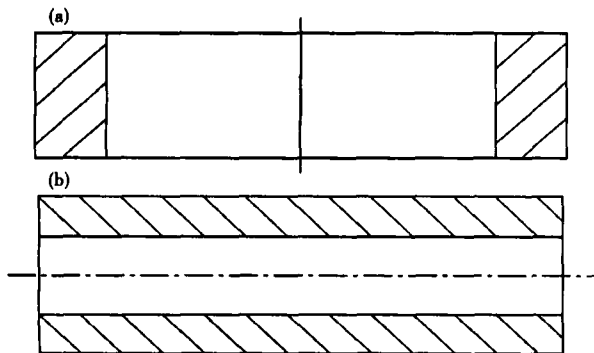


图 1 空心类锻件简图: (a) 环形件; (b) 筒形件

Fig. 1 Schematic of hollow forgings: (a) ring piece; (b) barrel piece

### 2 电渣锭锻造特点分析

#### 2.1 洁净度高, 整体都可利用

电渣重熔过程渣池温度达 1 750 °C 以上, 而电极下端至金属熔池中心区域的熔渣温度可达 1 900 °C<sup>[2]</sup>。因此, 重熔过程中渣的过热度可达 600 °C, 钢液过热度可达 450 °C。在电极熔化末端、熔滴滴落过程及金属熔池的 3 个阶段中钢渣接触面积可达 3 200 mm<sup>2</sup>/g 以上<sup>[2]</sup>。上述这些良好的动力学条件, 促进了有害杂质元素和非金属杂夹物的去除。另外, 由于熔化和凝固均在水冷铜质结晶器中完成, 没有耐火材料对钢水的沾污。

#### 2.2 组织均匀致密, 锻造重在成型

在重熔过程中, 钢锭上端始终有液态金属熔池和发热的渣池, 既保温又有足够的液态金属填充凝固过程中产生的收缩, 同时金属液中的气体和夹杂也易于上浮, 可有效地消除一般钢锭中常见的疏松和缩孔, 使得结晶组织致密。另一方面, 结晶器中的钢液受到底部和侧面强制水冷, 冷却速度很大, 有利于细化结晶组织并减少成分偏析。

#### 2.3 无冒口, 适宜直接镦粗

重熔过程钢锭自下而上地顺序凝固, 熔池中的钢液一边结晶, 一边得到自耗电极补充, 至钢锭头部

时又采用低熔速工艺补缩。所以,电渣锭没有大冒口,头部是平的。两端平整的电渣锭适合在水压机的平台上直接锻粗,这对于空心类锻件生产来说,不会对后续操作带来不便。相反,以往采用传统工艺压制钳把,不仅工序较多而且浪费好料,切损量大。

### 3 电渣钢空心锻件生产工艺的优化

#### 3.1 辊套锻件传统锻造工艺

辊套锻件的常见规格见表 1,一般采用 2 t 以上的电渣锭生产。常用钢号为 PCrNi3Mo,锻造加热温度为 1 180 ~ 1 200 °C。工艺上沿袭了用电弧炉锭生产时的工艺,即:压钳把、拔圆、下料→锻粗、冲孔→芯轴扩孔→芯轴拔长(表 2)。其中第 1 火锻造的 3 个工序仅仅是为第 2 火锻粗工序做准备,虽然变形量不大却又不能省去。这是因为电弧炉锭本身存在着下述 3 个不适宜直接锻粗的缺点:(1)电弧炉大钢锭一般是多角锭,直接锻粗易产生角部裂纹;

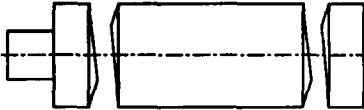
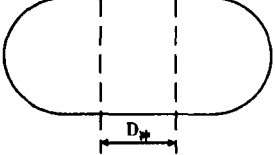
表 1 辊套锻件规格/mm

Table 1 Dimensions of roll sleeve forgings /mm

直径		长度
内孔	外圆	
560 ~ 600	670 ~ 700	1 400 ~ 1 650
720 ~ 740	850 ~ 950	1 650 ~ 1 780
820 ~ 880	950 ~ 1 200	1 300 ~ 1 550

表 2 辊套锻件传统的锻造工艺

Table 2 Traditional forging process for roll sleeve forgings

火次	工序名称	变形过程
I	压钳把拔圆下料	
II	锻粗冲孔	
III	芯轴扩孔	扩孔至芯轴直径 $\Phi + 20$ mm
IV	芯轴拔长	在直径为 $\Phi$ 的芯轴上拔长至成品

(2)电弧炉锭冒口部分的内部冶金质量较差,直接锻粗使得冒口与锭身好料不易分离;(3)电弧炉大钢锭的高径比较小,直接锻粗无法充分压实轴向缺陷。第 1 火锻造尽管解决了上述问题,但锻件成材率受下料直径影响较大。下料直径越大,刀口切损就越多,成材率越低。

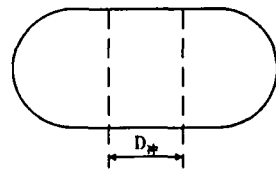
#### 3.2 直接锻粗的新工艺

根据对电渣锭特点和辊套锻件原锻造工艺的

析,可以将原工艺改进为直接锻粗法,即:锻粗、冲孔→芯轴扩孔→芯轴拔长(表 3)。采用新工艺锻造时,一方面,冲脱料占用钢锭芯部相对疏松的部分,大幅度地提高了成材率;另一方面,减少了锻造火次,减少了原料的烧损,节约了能源,提高了生产效率。

表 3 辊套锻件优化后的锻造工艺

Table 3 Optimized forging process for roll sleeve forgings

火次	工序名称	变形过程
I	锻粗冲孔	
II	芯轴扩孔	扩孔至芯轴直径 $\Phi + 20$ mm
III	芯轴拔长	在直径为 $\Phi$ 的芯轴上拔长至成品

#### 3.3 新工艺实施效果

直接锻粗法在电渣钢辊套锻件生产中实施几年来,该类锻件质量稳定,未发生任何由于工艺改变而造成的质量问题。在实施过程中还发现,采用直接锻粗法生产辊套时,电渣锭不切头切尾,锻件两端的裂纹敏感区移入头尾区,在随后的冷加工过程中切除,进一步提高了锻件的成材率。实践证明,改进后的新工艺更为合理,电渣钢辊套锻件的成材率可提高 5% ~ 15%。

### 4 结语

采用直接锻粗法生产电渣钢空心类锻件,在保证质量稳定的同时可以减少压钳把和下料两道工序,省去一次中间加热,节约了能源和原材料,提高锻件成材率 5% ~ 15%,经济效益与社会效益十分显著,值得大力推广。

东北特钢刘玉波、于英、常士杰等同志参与了试验工作,在此一并致谢!

国家自然科学基金钢铁联合基金项目资助(50271060,50371074)

#### 参考文献

- 1 张志文. 锻造工艺学. 北京:机械工业出版社,1983
- 2 姜周华. 电渣冶金的物理化学及传输现象. 沈阳:东北大学出版社,2000

赵新(1969-),男,博士,副教授,1991年东北重型机械学院毕业,难变形 Fe-C 合金的塑性加工。

收稿日期:2008-01-19