

1 000 MW 低压转子热处理工装的设计

郭 静

(上海重型机器厂有限公司大型铸锻件研究所, 上海 200245)

摘要:在分析载重、温度和受力的基础上,通过吊板和弓形夹头采用新材料,山字钩采用锻件,解决了1 000 MW 低压转子热处理工装和炉膛尺寸的矛盾,成功完成1000 MW 低压转子的热处理。

关键词:1 000 MW 低压转子;热处理;工装;设计

中图分类号:TG155 **文献标志码:**B

Design of Heat Treatment Fixture for 1 000 MW Low Pressure Rotors

Guo Jing

Abstract:The load, temperature, stress are analyzed, and hanging boards and bow chucks are used new material, and ramshorn hooks are used forgings, which solve the size contradiction between large heat treatment fixture and furnace, and the heat treatment of 1 000 MW low pressure rotor is completed successfully.

Key words:1 000 MW low pressure rotor; heat treatment; fixture; design

为适应大型汽轮机转子锻件的生产,我厂对大型铸锻件的锻造、热处理工艺等进行改进,并通过设备改造、热处理项目改造等工程,使硬件条件基本符合大型铸锻件的制造要求。已投产的1 000 MW 低压转子在热处理炉中使用的吊装设备也是我厂史无前例的。

在热工装的设计中,最大的难点是受力分析、计算校核。受力不均、材料的高温蠕变、铸件的内部质量等都可能使工装在使用中发生问题。热工装的设计往往给人的印象就是放大尺寸以增大安全系数,没什么难度,其实并非如此简单。不仅要分析薄弱点的受力情况,计算弯曲应力、剪切应力及复杂的应力,而且要根据实际情况放相应的安全系数。尤其对于大型转子,由于受炉膛尺寸的限制,还需要另外开阔思路,大胆尝试。1 000 MW 低压转子是我厂首次承接的大型转子,重量超过130 t,加上工装重量超过150 t。此次百万千瓦低压转子热工装的设计,克服了选材、计算、制造工艺的困难,成功进行了热处理。

1 设计方案

1 000 MW 低压转子的热工装是用于转子性能热处理时起吊挂作用的装备。转子重量130 t,最高温度小于900℃,装炉后需十天热处理,对高温下承受巨大载荷的工装来说是不小的考验。1 000 MW 低压转子热工装见图1。其中山字钩、吊板、弓形夹头都需重新设计,以适应新的需要。

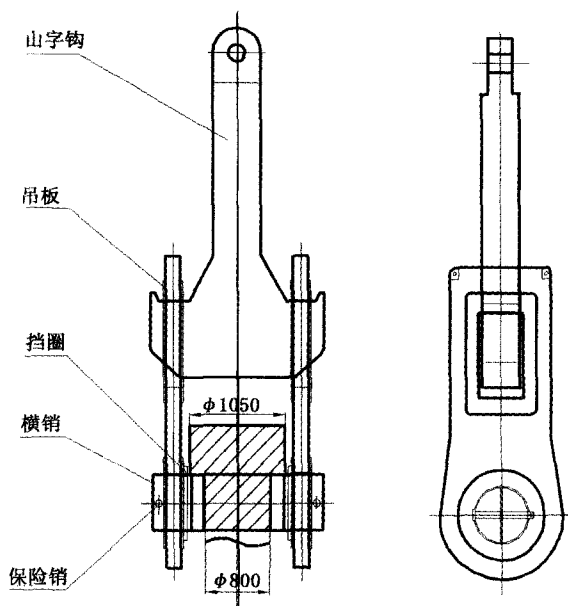


图1 1 000 MW 低压转子热工装

Figure 1 Thermal fixture of 1 000 MW low pressure rotor

整套热工装设计是以山字钩、吊板、弓形夹头的设计为主,挡销和横销为辅。以下将分别论述、计算,并校核,并对山字钩新设计方案与原工装做了比较。

2 山字钩

新山字钩与原150 t山字钩尺寸形状比较见图2。

(1) 旋转轴心以下不到1 000 mm在炉外,为冷态,原150 t山字钩旋转轴上接200 t旋转吊具,销子尺寸能够满足强度要求,可采用。

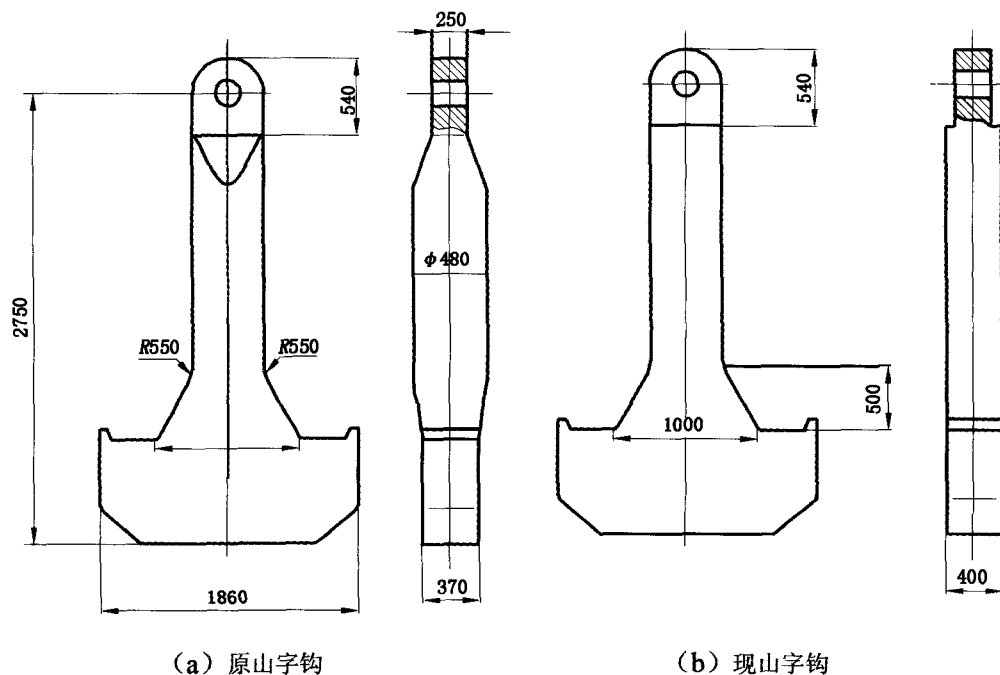


图2 新旧山字钩

Figure 2 New and old ramshorn hooks

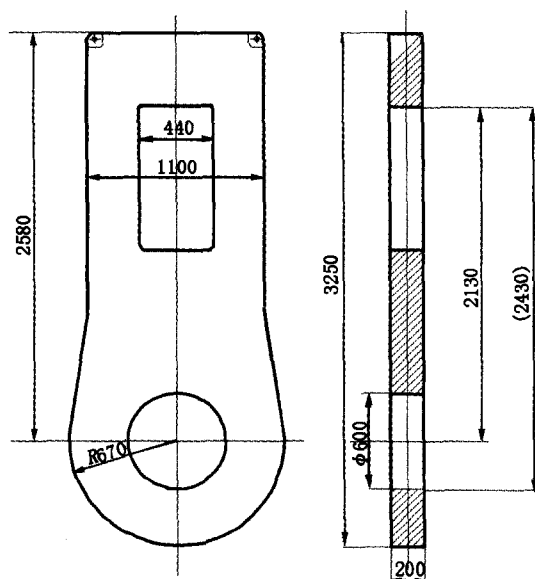


图3 吊板

Figure 3 Hanging board

(2)原山字钩为铸件,杆部尺寸为 $\phi 480$ mm,向下过渡为扁方形。

原抗拉强度校核: $\sigma_{\max} = 8.29 \text{ MPa} < [\sigma]$

由于实际载重较大,为提高安全系数,决定采用锻件,且杆部改为 $500 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ 扁方形,增大了截面面积,往钩体部过渡更合理。

现抗拉强度校核: $\sigma_{\max} = 7.5 \text{ MPa} < \sigma$

但产生一个问题,杆部方形处最大尺寸根据勾股定理为 640 mm ,大于炉口 $\phi 600 \text{ mm}$,炉门不能完全关闭,后进行炉门改造,炉口尺寸改为最大

$\phi 800 \text{ mm}$ 椭圆。

(3)山字钩下部钩体处改为相同厚度 400 mm ,与原山字钩厚 370 mm 比较,增加了安全性。

原杆体相连处弯曲正应力校核: $\sigma_{\max} = 5.2 \text{ MPa}$

现弯曲正应力校核: $\sigma_{\max} = 4.8 \text{ MPa}$

原剪应力强度校核: $\tau_{\max} = 4.05 \text{ MPa}$

现剪应力强度校核: $\tau_{\max} = 3.75 \text{ MPa}$

综上所述,山字钩最危险处是杆部,且原圆柱与扁方过渡处易裂。现改为锻件、方形,厚度一致,增加了安全性,结构更合理,避免了铸件因内部疏松、夹渣、缩孔等缺陷影响强度的情况。

3 吊板

吊板见图3。

最小截面处抗拉强度校核: $\sigma_{\max} = 5.68 \text{ MPa}$

选材方面选用了低合金钢板,没有选铸钢件,增加了许用应力,也增加了使用次数,并且吊板圆孔取 $\phi 600 \text{ mm}$,还可配其它 $\phi 560 \text{ mm}$ 弓形夹头,增加了配套利用率。

4 弓形夹头

弓形夹头见图4。

在设计时 $R 405 \text{ mm}$ 是根据工件吊挂处尺寸决定的,其余壁厚、跨距、高度根据计算选择合理的铸件形状尺寸。先确定弓形夹头的高度,再确

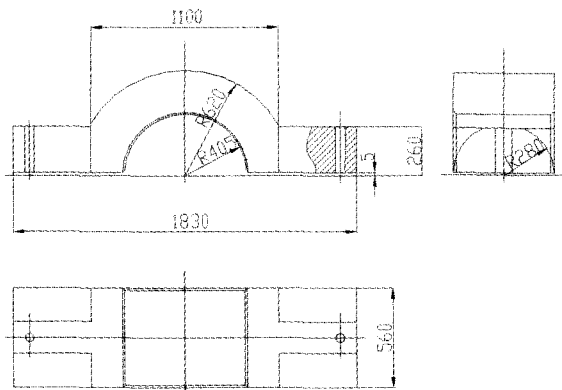


图4 弓形夹头
Figure 4 Bow chuck

定吊板圆孔直径 $\varnothing 600$ mm。山字钩跨距取 1 100 mm,高度取 560 mm,则 $\delta=0.39$ m。

若壁厚取 390 mm,则外圆尺寸至少为 $R 795$ mm,而跨距只有 1 100 mm,需铸几个台阶,而且形状走形,不合理。若加大高度,则要加大吊板的圆孔。无法协调 3 个变量的矛盾,后决定选用高温抗拉性能较好的新材料铸件,这样 950℃ 许用应力 $[\sigma]$ 可提高两倍。

拐角处弯曲正应力强度校核:

$$\sigma_{\max} = 18.3 \text{ MPa} < [\sigma]$$

拐角处剪应力强度校核:

$$\tau_{\max} = 9.3 \text{ MPa} < 0.5 [\sigma]$$

5 结束语

在热工装的设计中,材料在高温(900 ~ 1 100℃)下的许用应力没有资料可查,各厂也根据情况选用不同数值。以前我厂转子工装都是采用铸件,尽量放大尺寸,提高安全系数。但随着转子生产能力的扩大,势必要求热工装设计做出创新。以下是 1 000 MW 低压转子热工装设计的几点创新:

(1)山字钩:从铸件质量、钩杆部尺寸形状、承受巨大载荷(147.87 t)计算考虑,把铸件改为锻件,单重 7 632 kg。

(2)吊板:若选用铸件尺寸会很大,改为钢板,强度可相应提高,增加了安全性。且计算下来,尺寸理想,单重 4 650 kg。

(3)弓形夹头:若选用原材料,尺寸不但很大,而且无法同时满足跨距、壁厚、高度的要求。后决定选用新材料,许用应力可相应提高,且能协调 3 个变量的矛盾,得到合理的铸件尺寸、形状,单重 4 270 kg。

(4)增加了危险表面的渗透检测,控制铸锻件表面质量,以减少高温承载下裂纹的产生。

参考文献

- [1] 欧贵宝,朱加铭.材料力学.哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,1997.

编辑 杜青泉

(上接第 45 页)

织状态对随后冷却所获得的组织是有一定的影响,所以在进行锻后正火前,以较大过冷度降温,促使组织转变,减少晶界处铁素体的析出概率。之后安排一定时间的保温,又可利用奥氏体在该区域的不稳定状态,充分完成整个组织相转变过程,减少残余奥氏体组织的存在,对即将进行正火的奥氏体化转变(使晶粒尺寸逐渐变小)的控制也具有十分重要的意义。在正火冷却时,采用冷却能力较强的鼓风喷雾冷却,将有利于抑制片状铁素体的成长,使锻件性能达到更理想的指标。

5 结论

超大型船用优质锻件的生产,必须在冶炼、锻造、热处理及现场管理等方面综合采取相应的措施,才能制造出合格的产品。

确保冶炼工序的精细操作,保证钢水纯净度

和严格的成分控制,是保证锻件无损检测、力学性能一次性合格的基本前提。

锻造工艺要克服超大直径法兰、超大台阶差及超长杆部在锻造过程中锻比不够、变形不均匀、低温锻造及粗晶等综合性风险的影响,确保全部锻件最终超声检测一次合格。

热处理工艺及操作优化后,要杜绝超大型船轴锻件出现白点、法兰过烧、杆部变形严重等现象,保证各项力学性能值均达标。

参考文献

- [1] 吕炎等著.锻件组织性能控制.北京:国防出版社,1988.
- [2] 吕炎主编.锻件缺陷分析与对策.北京:机械工业出版社,1999.
- [3] 田代晃一.铸锭模设计对大型锻造钢锭的凝固和内部质量的影响.大型铸锻件,1983.

编辑 杜青泉