葛洲坝叶片热处理工艺

段振伟，张鑫，王清宇，陶韬

摘要： 葛洲坝叶片法兰直径约1500mm，最大截面厚度约600mm。在国内外生产历史上，截面如此大的铸件，在热处理时均采用两次或三次性能热处理，方能保证热处理质量，这样的操作对能源造成了大量的浪费。为了达到提高生产效率及降低能源消耗的目的，我们对葛洲坝叶片热处理过程进行了调整，改进了热处理正火冷却方式，最终满足葛洲坝叶片的批量生产要求。

关键词： 葛洲坝；轴流式；叶片；热处理

葛洲坝叶片是我公司的重点产品，也是第一次生产如此大吨位的轴流式叶片，叶片法兰直径约1500mm，最大截面厚度约600mm。在国内外生产历史上，截面如此大的铸件，在热处理时，均采用两次或三次性能热处理，方能保证热处理质量，这样的操作对能源造成了大量的浪费。为了达到提高生产效率及降低能源消耗的目的，我们对葛洲坝叶片热处理问题进行立项研究，最终满足葛洲坝叶片的批量生产要求。

1. 确定装炉方式

为了保证叶片整体冷却速度基本一致，根据叶片结构，采用立式装炉方式，并设计专用的热处理垫铁，把叶片法兰放置在专用热处理垫铁上。

2. 葛洲坝叶片热处理垫铁设计

设计专用的热处理托盘，如图1所示。

设计专用的葛洲坝叶片插铁，如图2所示。

3. 叶片装炉

葛洲坝叶片装炉前清理台车面，要保证台车面没有杂物，热处理托盘和叶片插铁按工艺要求放置好，叶片法兰立放在热处理托盘上，用楔铁固定后定位焊焊牢固，再放置叶片插铁1，调整插

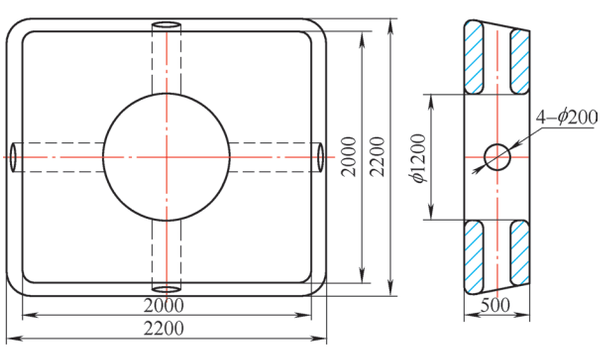

图1 葛洲坝叶片热处理托盘

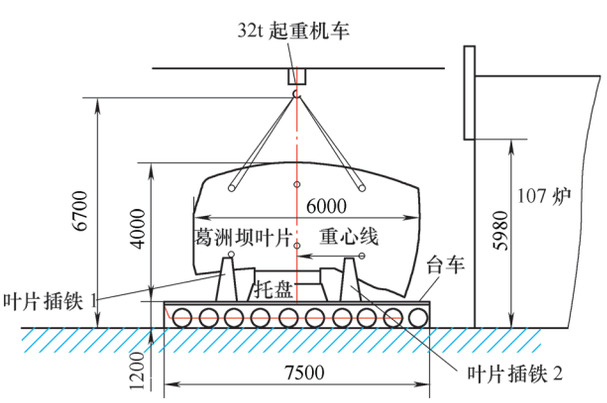

图 2

铁位置。装炉方案按图3执行。

4. 热处理工艺制订及分析

葛洲坝叶片性能值没有特殊要求，工艺参数没有进行调整，只是针对本次工艺研究的目的，对保温时间和冷却方式进行了调整。

（1）保温时间　考虑了叶片厚薄不均的情况，保温时间过长可能导致叶形晶粒粗大，保温时间过短叶片法兰心部区域没有完全奥氏体化，因此保温时间的控制非常重要。经过对比分析，以及与从前生产的类似产品进行比较，最终制订了符合葛洲坝叶片实际情况的保温时间。

（2）正火后冷却方式的调整　由于葛洲坝叶片法兰的下方是冒口，轴径处还有较大的铸造工艺补贴，在正火冷却过程中该区域蓄热过大，致使心部达不到工艺要求的冷却速度，从而导致叶片轴心部晶粒粗大，最终导致UT检测不合格。通过增加法兰及轴径局部冷却速度来达到细化晶粒的目的。

叶片整体采用风机进行吹风冷却。截面最大的区域采用喷雾方式进行冷却。在喷雾过程中，时刻观察叶片表面温度变化情况，及时调整喷雾方向及喷雾量。另外，增加风机数量，单侧采用8台风机进行吹风冷却。通过改进工艺生产的叶片检测情况可以得出：增加了风机及喷雾装置后，经过一次热处理的葛洲坝叶片性能（见附表）均满足了图样技术要求。叶片UT检测结果来看，也满足了葛洲坝叶片图样的检测要求。

5. 经济效益分析

（1）葛洲坝叶片一次性能热处理周期在10天左右，每个热处理周期需要天然气约20000m^3，燃气费用约6万元，再加上其他消耗，每个炉次的成本约为9万元。通过改进热处理工艺，可以减少最少一个热处理周期，节约大量能源和资金，对公司节能减排的能源管理目标有很大促进意义。

（2）生产过程成本　葛洲坝每个热处理周期结束后，均需要进行卸炉、喷砂、气刨及打磨操作。减少一次性能热处理周期，可以节约大量生产过程成本和人工消耗。

（3）提高燃气热处理炉的使用效率　每减少一个热处理周期，可节省10天热处理时间，能够显著提高燃气热处理炉的使用率。

葛洲坝转轮每台有5个叶片，热处理工艺改进后，每台天然气消耗可减少约10万m^3，可节约资金约30万元，且可大量降低生产成本。工艺改进后已经热处理叶片10余片，节约资金60万～100万元。

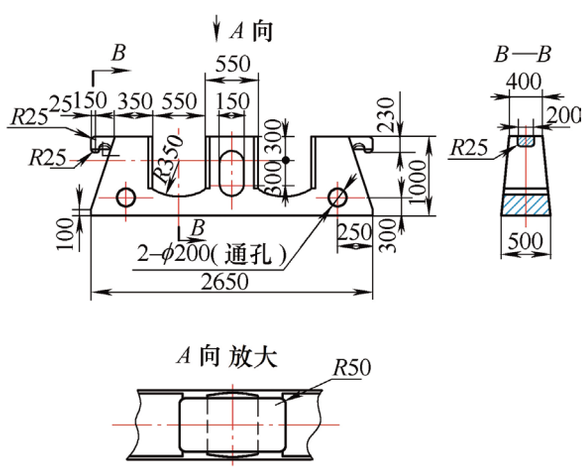

图 3

经过一次热处理后的性能

编号	$\sigma_{0.2}$/MPa	σ_b/MPa	δ（%）	φ（%）	HBW	A_{KV}（室温）/J
1	610	841	19.5	71.0	255	117、110、108
2	580	795	21.0	68.5	246	123、125、130
3	614	781	22.0	65.0	248	131、128、125

6. 结语

（1）通过葛洲坝叶片的实际生产情况汇总及后序性能数据统计、UT检测结果分析，所生产的葛洲坝叶片性能值全部满足其技术要求，法兰晶粒度检测也达到了图样的技术要求。

（2）热处理工艺改进后，叶片只需要一次性能热处理即可满足要求，显著提高了热处理炉的使用效率。

（3）减少了一个热处理周期，节约了大量的燃气消耗和其他辅助消耗，达到了节能减排的效果。

作者简介：段振伟、张鑫、王清宇，陶韬，哈尔滨电机厂责任有限公司热加工事业部。

MW 20170112