



## 循环水泵叶片断裂的原因分析与处理 (2006年第8期)

作者: 韩小奔 点击: 101

中山横门发电厂地处广东省珠江出海口岸的中山市横门水道, 由4台循环水泵担负2台125 MW汽轮发电机组冷却用水及化学制水, 同时还提供整个电厂的消防、生活、绿化、环保等方面的需要。该厂循环水泵为1200HLCB3. 2—16. 5型立式混流泵, 设计参数为 $H=16.5\text{ m}$ ,  $Q=11\,520\text{ m}^3/\text{h}$ ,  $n=485\text{ r/min}$ , 配套电机功率 $N=710\text{ kW}$ 。1997年5月1号机A, B循环水泵正式投运, 同年底2号机A, B循环水泵也相继投运。

### 1 叶片断裂情况

2004-10-06, 1号机A循环水泵在运行中出现叶轮叶片断裂, 到11月25日止, 在短短的49天内4台循环水泵相继出现断叶片事故。

1号机A循环水泵故障后进行了初步分析。该泵工作介质为海水、江河水, 每年冬季至来年的春季为海水倒灌期, 期间江河水氯离子的质量分数高达 $(2\sim 10)\times 10^{-3}$ , 2003—2004年情况更为严重。该泵叶轮轮毂设计材料为2Gr13, 叶轮叶片材料为1Gr18Ni9Ti, 叶轮叶片长度为270 mm, 宽度为350 mm, 叶片端面厚度为20 mm, 根基厚度为20 mm, 根部焊接宽度为180 mm, 共7个叶片组成叶轮组。运行中发现该泵电机上轴承振动突然增大而紧急停泵, 经解体检查, 发现该泵叶轮叶片断裂一片, 断口在叶片根部, 呈亮白色, 有金属的光泽, 断面上带有明显的“人”字型纹路, 属脆性断裂。除断的1片外, 其余6片中的5片根部都有明显的深浅程度不一的断裂源。对7片叶片受力面进行显微组织分析, 除1片外, 其余6片均有纵横交错的龟裂纹。由上所述, 判断造成循环水泵叶片断裂的原因, 是典型的奥氏体不锈钢受晶间腐蚀、焊缝热裂纹及电化学等综合影响的结果。

### 2 断裂原因分析

#### 2.1 合金元素贫乏化

由于铬镍奥氏体不锈钢在加热过程中晶界容易析出碳化物第2相, 造成晶界某成分的贫乏化, 如: 1Gr18Ni9Ti不锈钢因晶界析出沉淀相Gr23C6, 使晶界附近留下贫铬区。由于该类钢加热和冷却不发生 $\alpha\text{-}\gamma$ 相变, 不能淬火强化, 强度、硬度低, 当在 $450\sim 850\text{ }^\circ\text{C}$ 温度内保温或缓慢冷却, 然后在一定腐蚀介质中暴露一定时间, 就会产生晶间腐蚀, 在 $650\sim 750\text{ }^\circ\text{C}$ 范围内加热一定时间, 这类钢的晶间腐蚀更为敏感, 普遍认为在上述温度范围内, 将沿奥氏体晶界析出Gr23C6, 从而使奥氏体晶界附近区域的含铬量低于11.7%。然而, 贫铬区宽度很窄, 如: 18~8奥氏体不锈钢在 $650\text{ }^\circ\text{C}$ 敏化处理2 h, 贫铬区总宽度为 $150\sim 200\text{ nm}$ , 其中贫铬严重区宽度不到 $50\text{ nm}$ , 导致沿奥氏体晶界附近产生腐蚀, 所以不锈钢的机体中铬的质量分数不得低于11.7%。

该厂循环水泵叶片材质为奥氏体1Gr18Ni9Ti不锈钢, 在叶片的制造、加工固溶处理时, 如果该叶片在 $450\sim 850\text{ }^\circ\text{C}$ 区间内停留一定的时间后, 将促进 $[\text{Fe}, \text{Gr}]\text{C}$ 在晶界析出, 其中的铬主要来自晶粒表层, 而内部的铬来不及补充, 使晶界的晶粒表层的含铬量下降, 形成贫铬区。而贫铬区的含铬量远低于钝化所需的极限值, 其电势比晶粒内部的电势低, 更低于碳化物的电势。贫铬区和碳化物是紧密相连的, 遇到一定的腐蚀介质, 就会发生短路电池效应。该厂循环水泵叶轮在氯离子含量很高的江水中长期运行, 这种情况下, 碳化铬和晶粒呈



《电力安全》编辑部

地址: 苏州市西环路1788号

邮编: 215004

电话:

0512-68602709(主编室)

0512-68602711(编辑部)

0512-68603420(广告部)

传真:

0512-68602711(编辑部)

0512-68602312(广告部)

E-Mail:

edit@cses.com(编辑部)

sale@cses.com(广告部)



- 一起严重的人为责任恶
- 一起主变差动保护误动
- 一起发电机短路事故分
- 110kV主变遭受雷
- 河南电网“5
- 电压互感器反充电事故
- 华中地区电网事故分析

阴极, 使呈阳极的贫铬区被迅速侵蚀, 引起力学性能下降, 在受力时沿晶界断裂。

## 2.2 焊接热裂纹影响

1Gr18Ni9Ti不锈钢在焊接过程中, 应注意控制焊接层间温度不超过150℃, 如果在连续焊接中, 温度上升至400~800℃对晶间腐蚀最为敏感, 此温度区称为敏感温度区。奥氏体不锈钢具有较大的热裂纹敏感性, 主要取决于钢的化学成分与材料性能, 产生热裂纹的影响有:

(1) 奥氏体不锈钢中的合金元素较多, 尤其是含有一定数量的镍, 容易与硫、磷形成低熔点共晶间层, 促使热裂纹的产生;

(2) 奥氏体不锈钢易形成方向性强的粗大柱状的晶体组织, 容易使有害杂质元素偏析, 从而形成连续的晶间液膜提高热裂纹的敏感性;

(3) 从奥氏体不锈钢的物理性能看, 它具有热导率小、膨胀系数大、收缩冷却时应力也大等特点。

从上述3个方面分析可知, 奥氏体不锈钢的焊接热裂纹的产生机会, 比低碳钢大得多, 尤其是高镍奥氏体不锈钢。

该厂循环水泵叶片材质为1Gr18Ni9Ti不锈钢, 在叶片的制造、加工焊接中, 由于奥氏体不锈钢的液相线和固相线距离大, 凝固过程温度范围大使低熔点杂质偏析严重而且集中在晶界处, 因而在焊接局部加热温度高和冷却时间短的情况下, 易产生较大的焊接残余应力进一步促使热裂纹的产生。

## 2.3 应力腐蚀开裂

该厂循环水泵运行介质为海水、江河水, 每年的春、冬季氯离子含量相当高, 加上取水口河床及进水道河沙、石、淤泥堵塞, 塑料制品、有机垃圾增多, 大大减少进水道的通流面积, 根据测算, 当3台循环泵运行时, 河床水位比循环水泵进水缓冲池水位高约2.2 m, 因此进入缓冲池的水, 易溶入大量的空气, 并促使溶解氧气扩散到金属表面, 流速增加后氧的去极化作用加强, 当水泵提取水中含氧量高、氯离子含量高时, 叶轮叶片容易产生氯脆。

## 3 对 策

为防止再次出现断叶片事故, 采取以下措施:

- (1) 请厂家加厚叶片基础厚度至30 mm;
- (2) 提请厂家在工件热处理时, 必须进行固溶处理和稳定化处理, 以获得单相奥氏体组织, 从而有效地消除晶间腐蚀的倾向;
- (3) 完善循环水泵的阴极保护设备;
- (4) 设立循环水泵进水缓冲池的水位预警制度, 严格控制水泵投入运行的水位;
- (5) 在循环水泵各条进水道中设计、安装活动格栅网, 定期清理网上的垃圾, 保障循环水泵坑有最佳的进水量。
- (6) 加强设备巡视和监测;
- (7) 严格把好检修的质量、工艺关;
- (8) 停机时及时清理水道和水泵取水口的垃圾。

参考文献:

- 1 孙 跃, 胡 津. 金属腐蚀与控制. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2003
- 2 张连生. 金属材料焊接. 北京: 北京机械工业出版社, 2004
- 3 丁建生. 金属学与热处理. 北京: 北京机械工业出版社, 2004
- 4 郭延秋. 金属与焊接分册(大型火电机组检修实用技术丛书). 北京: 中国电力出版社, 2003
- 5 杨德钧, 沈卓身. 金属腐蚀学. 第2版. 北京: 冶金工业出版社, 2004
- 6 康纪仪. 电厂金属材料. 北京: 水利电力出版社, 1985

(收稿日期: 2006-01-09)

