

# 600MW高中压外缸缺陷补焊工艺

中国第一重型机械集团公司铸钢分厂 (黑龙江齐齐哈尔 161042) 赖满都拉

**【摘要】** 介绍了600MW汽轮机缸体夹杂、气孔缺陷的补焊处理过程。汽缸体是焊接性较差的大型铸钢件, 我公司根据实际情况采用热焊方法进行缺陷补焊处理并利用跟踪锤击方法和焊接后回火效果, 充分消除焊接应力, 优化焊缝及热影响区的金相组织, 避免了焊接裂纹的产生, 减小缸体的焊接变形。

600MW汽轮机高、中压外缸上、下半是电站设备中重要的合金铸钢件, 高中压外缸上、下半材质均为ZG15Cr2Mo1。由于铸钢件壁厚较大, 铸造性能差, 内部经常有夹杂、气孔及缩孔等, 在缺陷补焊过程中, 在工作应力和热应力的作用下, 缺陷区或修补部位易产生裂纹缺陷, 严重影响产品质量。我厂根据铸钢件材料的特性, 合理地选择补焊材料及补焊方案, 完成了缸体UT超标缺陷的补焊工作。

## 1. 材料特性及结构特点

(1) 汽轮机铸钢件材料特性 汽轮机缸体在高温高压下工作, 选用材料为珠光体耐热钢ZG15Cr2Mo1。该材质是一种综合性能较好的珠光体热强铸钢, 可在570℃长期工作。但该钢的铸造性能较差, 容易产生裂纹, 并且对热处理的冷却速度也相当敏感, 容易在铸钢件中造成组织与性能不均匀。表1为ZG15Cr2Mo1的化学成分, 表2为力学性能。

表1 ZG15Cr2Mo1的化学成分 (质量分数) (%)

| C         | Si      | Mn      | P       | S       | Cr        | Mo        | Ni      | Cu      |
|-----------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|---------|---------|
| 0.12~0.18 | 0.2~0.6 | 0.2~0.6 | ≤ 0.030 | ≤ 0.030 | 2.00~2.75 | 0.90~1.20 | ≤ 0.030 | ≤ 0.030 |

表2 ZG15Cr2Mo1的力学性能

| 屈服强度<br>/MPa | 抗拉强度<br>/MPa | 伸长率<br>(%) | 断面收缩<br>(%) | 冲击吸收能量<br>/J | 硬度<br>HBW | 热处理状态 |
|--------------|--------------|------------|-------------|--------------|-----------|-------|
| ≥ 275        | 485          | 18         | 35          | 24           | 140~220   | 正火+回火 |

(2) 结构特点 汽轮机缸体属封闭式或半封闭式回转壳体, 壳体的直径、截面积、外形的变化都很大, 铸钢件的壁较厚且壁厚变化也大。我厂生产的高中压外缸上半外轮廓尺寸为5718mm × 3700mm × 2005mm, 毛重99.5t; 下半外轮廓尺寸为6745mm × 3430mm × 1969mm, 毛重60t。汽缸体铸钢件内腔结构复杂, 排气困难, 生产中极易产生

呛火和气孔缺陷。

## 2. 缺陷情况

我公司为哈汽集团生产的缸体粗加工后经过UT探伤发现若干超标缺陷, 大部分缺陷都为尺寸较小的缺陷连成一片所致, 每一个小的缺陷内部都不同程度地发现了类似钢渣的夹杂, 气孔缺陷 (见图1)。结合缺陷的位置来看, 这些部位均为钢液

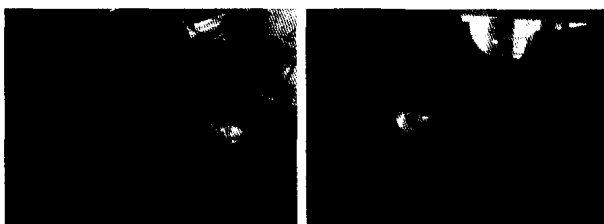


图1 缸体上、下半部分缺陷

中夹杂类物质难于上浮的部位。

### 3. 缺陷清理

(1) 补焊前, 250~300℃局部预热缺陷区域, 采用碳弧气刨清除工件上所有缺陷, 开出适宜的U形坡口。补焊区域及坡口周围20mm范围内粘砂、油污、水、铁锈及增碳层等杂质彻底清除, 用砂轮打磨光滑并露出金属光泽, 经检查确认合格。

(2) 对补焊部位进行MT探伤检查, 确认缺陷完全被清除, 绝不允许在还存有缺陷的状态下进行补焊。

### 4. 补焊预热

(1) 焊前铸件整体加热, 补焊过程中使用天然气局部加热, 补焊区补焊温度 $\geq 100^\circ\text{C}$ , 图2为整体加热工艺, 图3为局部加热方式。

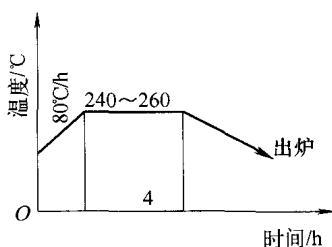


图2 整体加热工艺

注: ①铸件表面敷一支热电偶。②铸件加热结束后立即出炉, 补焊。

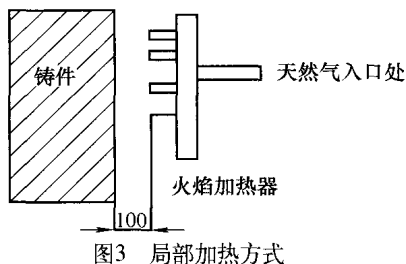


图3 局部加热方式

注: ①火焰喷射长度为300~350mm。②烧嘴距铸件距离为100mm。

(2) 此材质产生裂纹的倾向大, 需严格控制温度, 由技术、检查人员跟踪监测补焊温度。

### 5. 焊材选用与补焊要求

(1) 根据铸件材质, 选用了低氢型珠光体耐热钢焊材, 采用CHH307 ( $\phi 5\text{mm}$ ) 焊条和

CHT81B2M焊丝 ( $\phi 1.2\text{mm}$ )。

(2) 选用持证且操作经验丰富的焊工施焊。

(3) 采用焊条电弧焊或者气体保护焊方法补焊, 水平位置施焊。

(4) 在补焊过程中, 工件补焊处100mm范围内温度不能低于规定的预热温度, 否则需重新加热后再补焊。焊接参数如表3所示。

表3 焊接参数

| 钢号         | 焊材牌号       | 规格<br>$\phi/\text{mm}$ | 焊接电流<br>/A | 电弧电压<br>/V | 气体流量<br>/L·min <sup>-1</sup> |
|------------|------------|------------------------|------------|------------|------------------------------|
| ZG15Cr2Mo1 | 焊条CHH307   | 5                      | 170~210    | 18~20      | —                            |
|            | 焊丝CHT81B2M | 1.2                    | 150~210    | 18~24      | 20~25                        |

注: ①CHH307必须采用直流反接。②焊条在使用前, 需在350~380℃烘干1h。③保护气体采用富氩混合气(80%Ar+20%CO<sub>2</sub>)。

(5) 补焊过程中层间温度 $\leq 250^\circ\text{C}$ 。

### 6. 焊后消除应力处理

(1) 补焊过程中, 除第一层和最后一层外, 其余各层每焊完一层后用平圆头风铲适度锤击去除焊接应力(每100mm<sup>2</sup>锤击时间为2min)并认真清理渣壳及飞溅物, 发现裂纹、未熔合等缺陷后, 立即清除干净后再焊。

(2) 铸件有多处缺陷, 补焊时应先焊较小的后焊较大的缺陷, 然后焊穿透性缺陷。

(3) 焊后进行消应力热处理, 图4为专用回火工艺, 若焊后不能立即进行热处理, 应对补焊处覆以石棉布保温缓冷。

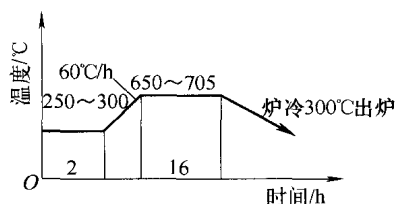


图4 专用回火工艺

### 7. 焊接质量检查

将补焊区表面碳弧气刨打磨平整, 目视检查是否存在肉眼可见缺陷, 如有按照上述要求去除缺陷后重新进行补焊。热处理后依相关标准进行MT、UT探伤检查, 如有超标缺陷, 则需重新进行补焊。

### 8. 结语

通过采用以上补焊方案处理汽轮机缸体缺陷, 很好地控制了补焊过程, 达到了补焊技术要求, 确保了补焊质量。

MW (20111120)