

# T91/12Cr1MoV 焊接接头的热处理工艺

刘承雷

浙江浙能镇海发电有限责任公司

**摘要:** 本文主要针对SA213-T91/12Cr1MoV异种钢焊接接头的热处理特性进行了研究,并对有关热处理过程中容易出现的一些问题进行了分析与探讨,指出了在实际操作中应注意的一些事项,同时提出了简单实用、可指导实际施工的热处理工艺。采用该工艺指导实际生产获得了良好的效果。

**关键词:** 异种钢 焊接接头 热处理

## 0 前言

SA213-T91 钢因具有较低的热膨胀系数和良好的导热性,同时抗拉强度和屈服强度又较高,特别是在高温下具有较高的蠕变强度和持久强度及许用应力,目前不但广泛应用于超临界、超超临界火电机组锅炉过热器和再热器等管道中,而且在老的亚临界机组改造中也有许多应用。我公司 200MW 超高压机组的过热器出口段原来是 12Cr1MoV,  $\phi 42 \times 5$  的管子,运行一段时间后发现高温腐蚀严重,决定更换为 T91 管。但是, T91 与 12Cr1MoV 异种钢焊接及焊后热处理,难度大,要求高。因此,为了保证得到性能优良的焊接接头,必须制订合理的焊接和焊后热处理工艺。本文主要就焊后热处理工艺进行分析和探讨,为类似的热处理提供借鉴和参考。

## 1 T91/12Cr1MoV 异种钢焊接热处理工艺分析

1.1 T91 钢是一种改进的 9Cr1Mo 钢,是一种新型马氏体钢耐热钢,12Cr1MoV 钢是一种常见的珠光体耐热钢。由于这二种钢的含 Cr 量相差很多,而 C 与 Cr 的亲合力很大,因此这二种钢焊接接头热处理时在熔合区将会发生 C 的迁移现象,使含 Cr 低的焊缝熔合区一侧产生脱碳层,含 Cr 高的焊缝熔合区一侧产生增碳层。在焊接时,由于加热和冷却速度很快,接头来不及发生 C 迁移,但在焊后热处理时,随热处理温度的升高和时间的延长,珠光体钢母材一侧的 C 向含 Cr 量高的马氏体钢一侧迁移,产生铁素体脱 C 层而软化,并且脱 C 层的晶粒

长大,而增 C 层中可能会析出碳化物,硬度提高。这样的焊接接头导致蠕变特性降低,高温下长期使用时在熔合区易产生显微裂纹。由此可见,对于异种钢焊接接头的焊后热处理要慎重考虑。

1.2 T91 钢的 AC1 温度在 800-830℃ 之间,推荐热处理温度为 750℃-770℃;12Cr1MoV 钢的 AC1 温度在 774-805℃ 之间,推荐热处理温度为 720℃-750℃。这两种钢接头的焊后热处理温度根据《火力发电厂焊接热处理技术规程》DL/T819-2002 的规定,应该按照合金含量低的一侧钢材 12Cr1MoV 钢来定,但是,这将可能导致接头的另外一侧 T91 钢的冲击功达不到要求。因此,焊后热处理温度也不能太低。

1.3 由于 T91 钢焊后冷却时的相变过程是从奥氏体向马氏体的转变过程,同时该钢的奥氏体孕育期比较长,因此焊后必须空冷至奥氏体完全转变为马氏体后才能进行高温回火处理,使整个焊接接头得到回火索氏体组织,保证焊缝和热影响区具有最好的性能。为此,要求焊后冷却到 T91 钢的 Ms 点以下,并保持一定时间后再进行高温回火处理。

## 2 工艺原则

根据以上分析 T91/12Cr1MoV 异种钢焊接热处理工艺必须按照以下原则来考虑:

2.1 焊后热处理温度在确保不超过 12Cr1MoV 钢 AC1 温度的前提下应适当提高一点。以保证 T91 钢的冲击韧性。

2.2 保温时间在确保 T91 钢冲击韧性的前提下应当短一点,以减少 C 的迁移现象。

2.3 加热和冷却速度按 T91 钢的热处理要求来定。

2.4 加热起始温度必须低于 T91 钢的 Ms 点温度

(100℃-120℃)。

2. 5 焊后可冷却至室温, 24 小时内热处理。

### 3 推荐热处理工艺

3. 1 热处理温度: 在 DL/T819-2002 热处理技术规程中推荐 12Cr1MoV 钢的热处理温度为 720℃-750℃, 在 T91 焊接工艺导则中推荐的 T91 热处理温度为 750℃-770℃, 可见 12Cr1MoV 钢的热处理温度上限正好是 T91 钢的热处理温度下限, 为此取两种材料的公共点 750℃为热处理温度。同时温度偏差控制在±10℃以内。

3. 2 保温时间: DL/T819-2002 中推荐 1Cr-0. 5Mo-V 及 9Cr-1Mo-V 的钢种焊件厚度≤12. 5mm 时都为 30min. 虽然 T91 钢的热处理温度有可能稍低于它的下限温度 750℃, 但由于焊件的厚度只有 5mm, 30min 的保温时间也能保证它的冲击韧性。

3. 3 加热和冷却速度按《T91/P91 钢焊接工艺导则》中规定≤150℃/h(温度在 300℃以下可不控制)。

3. 4 加热起始温度可在室温与 100℃之间。

### 4 注意事项

4. 1 750℃的热处理温度在实际操作中对于 12Cr1MoV 钢来说有可能超出其上限温度, 为确保不超出其 AC1 温度, 热处理设备的温控精度应在±5℃以内。

4. 2 同一炉的加热片尽量使用同厂、同型号的, 包

扎时保温层的宽度与厚度也要尽量一致, 以保证加热温度的一致性。

4. 3 加热器功率如是 10 千瓦一炉的, 加热片要 4-6 片串联, 15 千瓦的要 6-9 片串联起来。

4. 4 T91/12Cr1MoV 异种钢焊接接头的残余应力比较大, 在高温回火时, 借助于松弛过程, 能泄放一定的焊接残余应力; 但随着温度的下降, 由于两侧母材及焊缝的线膨胀系数的不同, 又会产生出新的残余应力, 所以焊后热处理并不能彻底消除残余应力, 只能使残余应力重新分布, 有时可能使接头局部应力升高而引发裂纹, 这一点是与同类钢焊接接头根本不同的, 因此, 在焊后热处理时也要慎重考虑。因尽量减少非焊接应力(如强行对口、刚性固定等产生的应力)的产生。

### 5 结论

我公司四台 200MW 机组的过热器出口段改用 T91 后, 涉及到 T91/12Cr1MoV 异种钢焊接的接头, 采用上述工艺进行焊后热处理, 机组实际运行至今工作状况良好, 说明该工艺可行, 为今后类似异种钢接头的焊后热处理提供了借鉴。

#### 参考文献

- 【1】国家电力公司电源建设部 《T91/P91 钢焊接工艺导则》
- 【2】国家经济贸易委员会 《火力发电厂焊接热处理技术规程》(DL/T819-2002)
- 【3】陈欣 《T91 与 12Cr1MoV 异种钢焊接分析》