

12Cr1MoV 厚壁钢管焊缝内部裂纹处理实例

刘昕颖¹, 刘金秋¹, 夏晓涛¹, 李根¹, 郝广庭²

(1. 华电电力科学研究院山东分院, 济南 250062; 2. 华电章丘发电有限公司, 济南 250200)

摘 要:12Cr1MoV 是目前电站锅炉用量最大的低合金耐热钢, 经国内外实践证明其工艺性能良好, 可靠性强, 其广泛应用在锅炉过热管、联箱和管道中。以某电厂 #4 机亚临界锅炉为例, 针对后屏集箱至高温过热器联箱连接管的内部裂纹进行分析, 并提出相应的处理解决方案, 为目前国内在役最多的 300 MW 机组中的 12Cr1MoV 厚壁钢管技术管理提供了有益借鉴, 为机组安全经济运行提供了重要保障。

关键词:12Cr1MoV 钢; 裂纹; 补焊; 热处理; 监督检验

中图分类号:TG 457 **文献标志码:**B **文章编号:**1674 - 1951(2018)01 - 0055 - 02

1 缺陷的发现、分析及处理

该电厂二期 #4 炉, 2005 年 12 月安装锅炉主蒸汽管道, 过热蒸汽温度 541 ℃, 运行压力 17.5 MPa。后屏集箱至高温过热器联箱的连接管图样采用 12Cr1MoVG 珠光体耐热钢管, 执行标准为 DL/T 869—2004《火力发电厂焊接技术规程》, 规格为 ϕ 610 mm $\times$ 70 mm。

2017 年 6 月华电电科院山东分院在某发电有限公司 #4 机组大修中, 经超声波检验发现后屏至高过弯头下焊缝, 6 点至 7 点位置, 存在缺陷回波反射。

采用 A 型脉冲式超声波探伤仪, 校准仪器, 性能符合 JB/T 10061—1999《A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件》规定的要求。依据 DL/T 820—2002《管道焊接接头超声波检验技术规程》采用 ϕ 3 mm $\times$ 40 mm 的对比试块制作 DAC 曲线, 经 K1、K2 2 个探头单面单侧扫查后发现缺陷靠近焊缝中心位置。水平移动探头, 根据端点 6 dB 法测得长度 100 mm。缺陷深度距焊缝上表面 45 ~ 55 mm。

1.1 打磨消缺

机械方式消除, 采用角向磨光机打磨焊缝至缺陷位置, 利用渗透检测的方法确定缺陷消除情况。如图 1 所示, 焊缝挖到 45 mm 深, 渗透检测发现裂纹, 继续打磨, 直至裂纹全部消除。

1.2 原因分析

12Cr1MoV 钢中加入钒元素而对再热裂纹产生敏感。近年来多个案例表明, 12Cr1MoV 厚壁钢管在焊后并未出现裂纹, 而是在焊后热处理过程中有时会产生裂纹及再热裂纹, 敏感温度在 600 ℃ 左右。

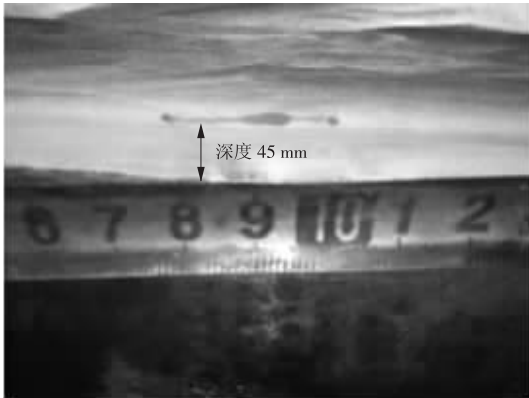


图 1 深度 45 mm 处裂纹显示

随着机组的启停, 温度和压力发生变化产生的应力与焊后的残余应力叠加后, 极有可能产生再热裂纹^[1]。该处焊缝焊接时间处于冬季, 环境温度太低使接头区域冷却过快, 导致应力集中产生裂纹。

1.3 修复措施

(1) 坡口加工及焊前预热: 加工坡口时将补焊位置原有焊肉全部清除, 将裂纹消除后的沟槽稍加拓宽, 尖角部分圆滑过渡。补焊区四周 20 mm 范围内清理掉氧化层、油污、锈蚀等, 发出金属光泽。

热处理时采用电加热方式将整个焊缝及两侧母材 300 mm 范围(不应小于 3 倍壁厚)加热至 250 ℃, 恒温 1 h。

(2) 补焊措施: 由于此处焊缝已经挖透, 所以直接采用手工电弧焊, 采取多层多道焊的焊接工艺。焊条按说明要求焊前烘焙好, 现场使用放在保温桶内, 焊接参数见表 1。

表 1 焊接参数表

焊接材料	焊条直径/mm	电流/A	层间温度/℃
R317(打底)	2.5	70 ~ 100	250 ~ 300
R317(盖面)	3.2	90 ~ 120	250 ~ 300

焊接过程中,填充层每焊完一道都要用锥形榔头的尖端敲击所焊焊缝及热影响区母材,缓解及释放焊接产生的焊接内应力。控制好层间温度在 250 ~ 300 ℃。补焊处的焊缝同母材及原有焊缝过渡圆滑^[2]。

(3) 焊后热处理:补焊完成后,进行热处理。热处理时布置 3 只热电偶,一只控温热电偶布置在补焊处焊缝,最高温度 730 ℃。另一只布置在原焊缝处,最高温度 720 ℃。第 3 只监测热电偶布置在距焊缝 50 mm 热影响区内。

加热宽度每侧 350 mm,保温层宽度每侧 500 mm。升降温速度 $\leq 85\text{ }^{\circ}\text{C/h}$, $730\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温 3 h。恒温结束,温度降至 300 ℃以下时,停电使焊缝缓冷至室温^[3]。

(4) 补焊质量检验:焊口热处理完毕,依据 NB/T 47013.4—2015《承压设备无损检测 第四部分:磁粉检测》进行 100% 磁粉检验,未发现缺陷磁痕显示,质量等级为 I 级,合格。

依据 DL/T 820—2002《管道焊接接头超声波检验技术规程》进行 100% 超声检验,未发现可记录缺陷反射,质量等级为 I 级,合格^[4]。

使用 HT-2000A 便携式硬度计进行硬度测试,母材硬度 140 - 150HB,焊缝 205 - 215HB,符合 DL/T 438—2016《火力发电厂金属技术监督规程》的合格标准^[5]。

2 基于金属技术方面的监督重点

(1) 在补焊时,补焊区成型饱满光滑,新旧焊缝圆滑过渡,使用这种方法来分散应力,减少应力集中,对裂纹的产生会有一定的抑制作用。

(2) 加强金属技术监督检验,该焊缝要列入电厂下次检修的检验项目中,检验项目包括宏观检验,磁粉检测,超声检测,硬度测试,必要时进行金相分析。在机组日后的检修中,重点监督几次,确保补焊位置不出现缺陷。

(3) 加强技术监督过程控制。焊接人员与检验检测人员必须持有有效资格证书,并具有相当的经验;仪器设备必须经鉴定后合格,使用过程中也要按标准按时进行校验与校正;焊接所用的焊条必须在保质期内,并按使用说明提前烘焙;焊接与检验必须遵循相对应的工艺指导书、检验标准及操作规程等。

3 新形势下出现的问题及建议

近年来,煤价涨幅过大,部分火电企业出现使用偏离原设计值的燃煤,或者掺杂劣质煤燃烧的现象,

这些情况难免引起诱发再热裂纹产生的温度和压力等参数的变化。西电东送工程的节节竣工,核电风电等新能源发电的快速发展,使得东部地区火电厂的部分机组屡有调停、降负荷运行的情况发生,这也肯定会引起运行参数的变化。所以建议发电厂对入炉煤质的检验和管理不能松懈,在正常的启停或变负荷时,严格执行运行规程,避免温度和压力梯度变化过大、过快,形成大量热应力,最后产生热疲劳。

随着国家“上大压小”政策的顺利实施,新建的大容量超临界机组和超(超)临界机组大都采用 P91、P92 等高参数材料。12Cr1MoV 材质的厚壁钢管大都运行了 10 万 h 以上,锅炉运行历史情况复杂,启停次数、状态不明确。这就要求我们必须细操作、严监督,不放过、不低估焊缝内部的缺陷。裂纹发现一处,就要记录一处,妥善处理一处。

4 结束语

内部裂纹的管理技术是一套系统工程。只有建立完善的检测和返修工艺,精确控制和重视操作规程,并且细致地执行规范,才能把危害降到最低,并逐渐提高锅炉的健康水平。

随着机组运行时间的增加,管道的服役状态会跟随出现变化,焊接接头内部也会出现新的问题。随着科学技术的发展,新技术逐渐成熟,内部裂纹的管理技术也要不断更新工艺和方案(比如检测过程中,在条件允许下,推荐使用超声波衍射时差法代替 A 型超声波扫描),并加强人员的经验沟通,才能满足处理内部裂纹的技术要求。

参考文献:

- [1] 曹德辉,杨锦辉,祝国胜. 12Cr1MoVG 集箱三通厚壁管焊接裂纹的补焊工艺[C]//电力行业电力锅炉压力容器安全监督管理委员会. 超(超)临界锅炉用钢及焊接技术协作网第四次论坛大会论文集,2011.
- [2] 韩利东. 厚壁 12Cr1MoVG 管道在低温环境下的焊接[J]. 电焊机,2008,38(2):69-70.
- [3] 郭元蓉,吴红,陈雨,等. 厚壁 12Cr1MoVG 的热处理工艺优化[J]. 钢管,2008,37(5):15-19.
- [4] 火力发电厂焊接技术规程:DL/T 869—2012[S].
- [5] 火力发电厂金属技术监督规程:DL/T 438—2016[S].

(本文责编:齐琳)

作者简介:

刘昕颖(1989—),男,山东青岛人,助理工程师,从事电站特种设备检验、无损检测方面的工作(E-mail:liuxinyingvip@126.com)。