

● 失效分析 ●

再热器联箱管接头失效分析

冯砚厅, 郑相锋, 李中伟

(河北省电力研究院 锅检所, 河北石家庄 050021)

摘要:采用宏观分析、力学分析、化学分析、金相检验、扫描电镜等方法对多次出现裂纹的再热器出口联箱管接头(材质为 12Cr1MoV)进行失效分析,结果表明,再热器联箱管接头裂纹属于再热裂纹,应力过大是造成泄漏的主要诱因。

关键词:再热器联箱;失效分析;12Cr1MoV;再热裂纹

中图分类号: TG441.7

文献标识码: B

文章编号: 1001-3814(2008)19-0130-02

Failure Analysis on Joint of Boiler Reheater Connecting Tube

FENG Yanting, ZHENG Xiangfeng, LI Zhongwei

(Hebei Electric Power Research Institute, Shingiazhuang, 050021, China)

Abstract: By the methods of microscope analysis, mechanical analysis, chemical analysis, metallographic examination and SEM, the joint of boiler reheater connecting tube(12Cr1MoV) in which cracks occur many time was analyzed. The results indicate that the crack of boiler reheater connecting tube joint is the reheating crack and the primary season in which the cracks occur is excessive stress.

Key words: reheater connecting tube; failure Analysis; 12Cr1MoV; reheating crack

某电厂锅炉型号为 B&WB-1025/17.5-M, 其再热出口联箱管接头总计 62 排, 每排 8 根, 管接头规格为 $\phi 42\text{mm} \times 4.5\text{mm}$ 。该锅炉自 2007 年 11 月投产以来, 共累计运行约 10000h, 其再热出口联箱管接头已泄漏 3 次: 第一次是 2007 年 12 月 11 日, 出口联箱两根管座与蛇形管对接焊口的管座侧熔合线出现开裂泄漏; 第二次是 2008 年 1 月 16 日又有两个管接头对接焊缝熔合线出现开裂泄漏; 第三次是 2008 年 3 月 20 日管接头对接焊缝熔合线处再次出现开裂泄漏, 同时管接头与联箱连接角焊缝管接头侧也出现开裂泄漏, 本次出现共六处。经 UT 检查, 发现 12.2% 的管接头有缺陷信号 (共检验 352 根, 其中 43 根存在缺陷信号), 用磁粉探伤方法复核有磁痕显示。为有效防止该联箱再次出现裂纹, 特对其管接头裂纹处进行失效分析。

1 宏观及应力分析

收稿日期: 2008-06-27

作者简介: 冯砚厅(1965-), 男河北石家庄人, 主任工程师, 高级检验师, 研究方向为火力发电厂焊接工艺;
电话: 133-3139-3205; E-mail: zxfken@126.com

再热出口联箱管接头裂纹的分布规律如下: 出口联箱的每排管接头前起第 1、6、8 根为 T22 材料, 没有发现管接头出现开裂泄漏, 泄漏全部出在第 2、3、5、7 根材料为 12Cr1MoVG 的管接头上。对未泄漏的管接头焊缝进行 UT 扩大检查发现, T22 管接头熔合线上也存在类似的缺陷信号且都在表面, 用锉刀修磨后缺陷信号即消失, 证明缺陷很浅。

现场实际观察到的 12Cr1MoVG 管接头裂纹位置为管接头与蛇形管对接焊缝的管座侧熔合线处和管接头与联箱角焊缝管接头侧熔合线处, 且所有裂纹都存在于管接头的母材侧熔合线上, 这说明管接头母材侧为薄弱点。从现场取下断口分析, 裂纹是由外向内扩展, 这和焊接残余应力外壁拉应力大相符合, 部件结构造成的弯曲应力也会使局部表面拉应力大, 说明管接头受焊接残余应力和结构应力影响较大。

绝大部分裂纹分布在管子的上半圈范围内, 这说明管排整体向下的重力对管接头有一定的影响(即吊架松动管排重力传导至管座根部)。裂纹是沿焊缝的熔合线开裂的, 熔合线存在应力集中, 也是组织薄弱区, 在一定的应力作用下在管接头的最薄弱的熔合线开裂符合一般规律。

2 金相及电镜分析

取带裂纹的管接头进行金相试验, 裂纹照片见图 1。从金相上分析, 裂纹的产生与扩展属于沿晶性质, 这种开裂与管材材质有直接的关系。化学成分分析(表 1)符合国家标准要求, 做小样拼接冲击对比试验也显示为韧性断裂, 冲击性能(表 2)略比蛇形管管材低。对接头做显微硬度分析(表 3)也没有发现不合格的硬度值。虽然管材符合国标要求, 性能也未见异常, 但 CrMoV 钢存在一定的再热裂纹倾向, 正常条件下, 再热裂纹不会发生, 在晶粒粗化后同时受到高拉应力作用时, 再热裂纹就有可能发生。SEM 电镜分析发现, 在主裂纹的旁边有沿晶开裂的微裂纹(见图 2), 这说明在大应力的作用下晶界先期开裂然后扩展连结为主裂纹, 也说明该材料在母材熔合线处晶界弱于晶内。过热区原奥氏体晶粒粗大, 晶界相对少, 晶界承担的变形量小, CrMoV 钢的这种组织易于产生再热裂纹^[1]。

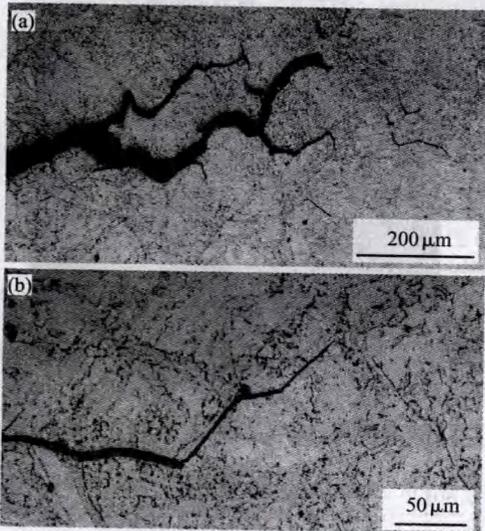


图 1 管接头裂纹
Fig.1 Cracks of the tube joint

表 1 化学成分分析结果(质量分数,%)

Tab.1 Analysis result of the chemical composition (wt%)

	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	V
未裂管座试样	0.07	0.36	0.56	0.011	0.015	1.06	0.39	0.22
已裂管座试样	0.07	0.45	0.64	0.011	0.016	1.06	0.41	0.22

该部位在安装过程中进行了全面的检查, 没有发现类似的裂纹缺陷, 在点火运行一定时间后出现, 即再次加热过程中发生的开裂泄漏。再热器运行的温度为 540~570℃, 正好处于再热裂纹的易发温度区域^[2]。

表 2 冲击试验结果

Tab.2 The result of impact test

试样位置	试样编号	宽/mm	高/mm	$a_K/(J \cdot cm^{-2})$
第 25 排 第 7 根管座	2-1	10.4	9.94	165
	2-2	10.24	9.9	163
	2-3	10.34	10.16	165
第 8 排 第 3 根管座	5-1	11.58	10.2	172
	5-2	10.18	10	171
	5-3	10.14	10	179
第 25 排 第 7 根管子	3-1	10.26	9.94	188
	3-2	10.2	9.96	193
	3-3	10.24	9.98	185
	3-4	10.46	10.06	176
	3-5	10.48	9.9	179

表 3 管接头硬度测试结果(HV)

Tab.3 The result of hardness test for tube joint

焊缝区域	裂纹附近热影响区	母材
296	294	198

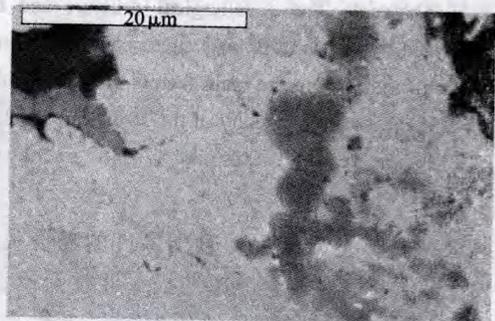


图 2 管接头对接焊缝管头侧熔合线裂纹扫描电镜照片
Fig.2 SEM morphology of crack of the tube joint at the side of primary crack

3 结论与建议

综合以上分析, 再热出口联箱管接头裂纹具有沿晶特征, 起源于管接头母材侧焊缝熔合线粗晶区, 发生于再次加热过程中; 熔合线粗晶的应力集中, 存在吊架松动引起的应力及焊接残余应力。再热裂纹形成的条件和特征全部具备, 该再热器联箱管接头裂纹属于再热裂纹, 应力过大是造成泄漏的主要诱因。因此, 电厂应注意消除管接头存在的新萌生裂纹缺陷, 在焊接管接头时要求使用小线能量, 杜绝强力对口, 所有的吊架应该吊紧, 每根管子都要吊在吊架上不能让管接头根部受力。在以上措施完成后, 在下次大小修中检查管接头焊缝, 如果不再出现类似缺陷则可以继续运行, 如果出现类似缺陷, 则要求全面更换该批管接头, 采用 T22 加厚管接头替代现有的 12Cr1MoVG 管接头。□