

超超临界机组低温再热器失效分析

滕树会

(广东大唐国际肇庆热电有限责任公司,广东 肇庆 526105)

摘 要:针对某电厂 1 000 MW 机组低温再热器失效管样,进行常温性能、金相组织、无损检测结果等方面的试验与分析,得出焊接质量不良、原始性能不足是爆管失效的主要原因,并针对材料失效的原因提出了相应的建议。

关键词:1 000 MW 机组;超超临界机组;低温再热器;失效管样;爆管;焊接质量

中图分类号:TK 223 **文献标志码:**B **文章编号:**1674 - 1951(2018)04 - 0036 - 04

0 引言

某电厂 #3 机组锅炉为 HG3110/ 26. 15 - YM2 型单炉膛反向双切圆、Π 型布置、一次中间再热、低 NO_x 主燃烧器和高位燃尽风分级燃烧技术、超超临界变压运行直流锅炉。2016 - 12 - 16 T 09:01, #3 机组正常运行,机组负荷 552 MW,主蒸汽压力 13. 1 MPa,主蒸汽温度 593 ℃,再热蒸汽压力 2. 5 MPa,再热蒸汽温度 602 ℃,运行值班人员监盘发现 #3 锅炉低温再热器出口管壁温度(52 屏 1 管)561 ℃,超过报警值 555 ℃,比其他管屏温度高出 60 ℃左右,运行人员通过调整过、再热烟气挡板,降低再热蒸汽温度运行,通知设备部热控和锅炉专业检查。

热控专业检查壁温测点,测点信号正常;锅炉专业查看安全仪表系统(SIS)显示趋势,发现四管泄漏能量值 13,18 点有轻微上涨(同等条件下,能量值高 3% ~ 5%),就地打开观火孔监听炉内情况,能听到细微的泄漏声音。停炉后检查发现,爆管位于从炉左至炉右数第 103 根外圈第 1 根管。

1 管样材料质量检验

1. 1 宏观形貌

爆管宏观形貌如图 1 所示。由图 1 可见,开裂位置位于焊缝熔合线附近,开裂总长度约为 1/2 圆周,开裂位置管子无明显胀粗和塑性变形,并存在两处被邻近管子泄漏蒸汽吹损减薄的破口;焊缝上存在 3 个表面气孔,爆口附近存在一条长约 15 mm 的裂纹。

1. 2 硬度试验及性能分析

对爆口附近进行硬度检测,数据见表 1,试验位置如图 1a 所示。根据 DL/T 869—2012《火力发电厂焊接技术规程》^[1]、DL/T 438—2016《火力发电厂



图 1 爆管宏观形貌

金属技术监督规程》^[2], 12Cr1MoVG 母材硬度控制范围为 135 ~ 195 HB,同种钢焊接接头热处理后焊缝硬度 ≤ 270 HB 且不大于母材硬度 + 100 HB。由表 1 可知,无论是爆口还是对比焊接接头,焊缝和热影响区硬度偏高,硬度大于或接近标准上限。

对爆口位置 2 处取样进行常温性能试验,数据见表 2。由表 2 可知,迎火侧 $R_{p0.2}$ 、 R_m 、 A 等 3 项性能指标均已不符合标准要求,背火侧性能稍好于迎火侧,其塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ 稍低于标准要求。

1. 3 化学成分

对爆漏管样进行化学成分分析,结果见表 3。由表 3 可见,管样的化学成分分析结果符合标准要求。

表 1 样品管硬度检测数据

样品	硬度测点	维氏硬度/HV _{0.2}	布氏硬度/HB
位置 1	爆口附近 (热影响区)	324	308
	焊缝	293	278
位置 2	心部	160	169
位置 3	焊缝	277	286
	热影响区	270	256

1.4 金相组织分析

对爆管焊缝、熔合线、母材进行金相组织分析,具体组织如图 2~4 所示。由图 2~3 可知,爆口外壁存在氧化皮,且裂纹走向为沿晶型,而爆口内壁呈撕裂状,可见裂纹起源于外壁,并向内壁不断扩展。

表 2 取样管道常温性能试验数据

管样	取样位置	试验温度/℃	塑性延伸强度 $R_{p0.2}$ /MPa	抗拉强度 R_m /MPa	延伸率 A /%
爆口位置	迎烟侧	室温	235	650	19
2 处管样	背烟侧		251	635	23
标准要求 GB 5310—2008 ^[3]			≥255	470 ~ 640	21

表 3 爆管样的化学成分分析结果

项目	C	Si	Mn	S	P	Cr	Mo	V
质量分数	0.150	0.350	0.600	0.008	0.020	0.950	0.280	0.180
标准要求 ^[3]	0.080~0.160	0.170~0.370	0.400~0.700	≤0.010	≤0.025	0.900~1.200	0.250~0.350	0.150~0.300

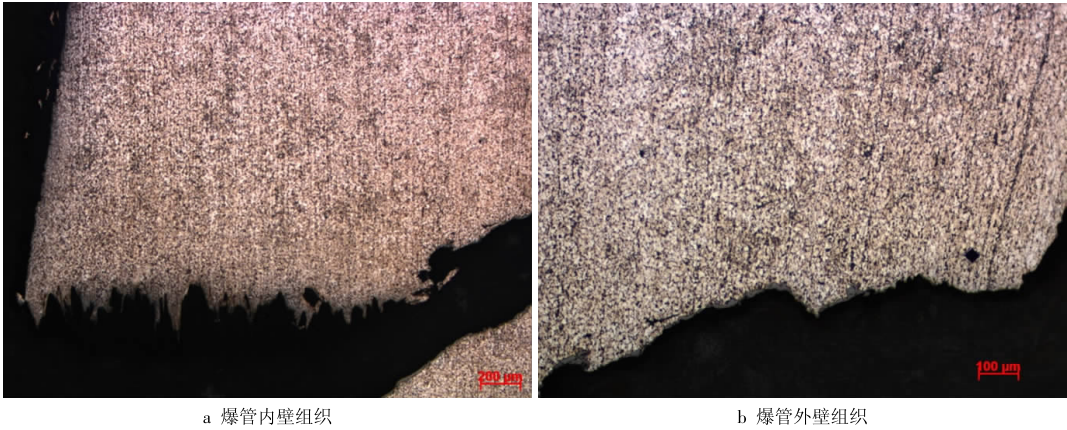


图 2 爆管内、外壁金相组织分析

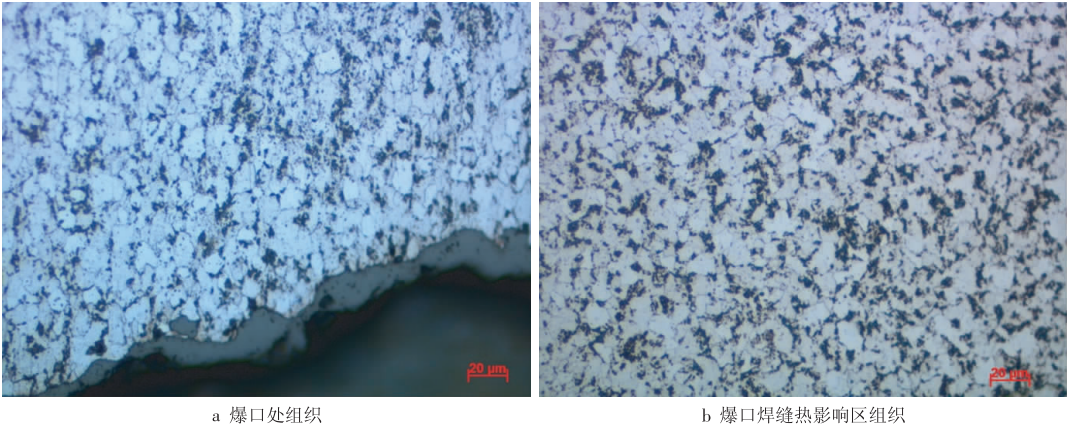


图 3 爆口处及焊缝热影响区金相组织分析

爆口附近热影响区组织为细小等轴晶(重结晶区),大量碳化物沿晶界析出并聚集分布。焊缝组织为典型铸态组织,组织大小不均。由图 4a 可知,管子母材组织为铁素体+贝氏体,部分碳化物沿铁素体晶界分布。由图 4b 可知,位置 3 处(未发生开裂焊接接头)热影区为粗大的贝氏体组织,焊缝组织为贝氏体+少量铸态组织,组织不均匀。

1.5 焊缝无损检测结果分析

在安装完成后,对焊缝进行了射线检测(RT),曾因焊缝有超标缺陷返修二次处理。焊缝 RT 胶片如图 5 所示,由图 5 可知:第 1 次返修后,根部仍有未熔合、气孔等危害性缺陷;最终检测结果虽合格,但在焊缝处有 3 个在标准范围内的气孔,表面一侧有咬边。

头的质量及性能造成很大的隐患。

(4)焊接质量不良。焊缝中有气孔,造成焊缝有效受载截面减小,从而引起截面性能下降,其承载能力下降;表面咬边,很容易在焊缝边缘造成较大的应力集中,加之这一区域又是接头中最薄弱的环节,更容易在应力集中的区域产生早期裂纹及失效。

(5)运行方面。该爆管位于本层外侧第 1 根管,在上方 600 mm 处有长管蒸汽吹灰器。在吹灰过程中,会在极短时间内对管子施加一个冲击力,这种力会对管子受力产生不良影响,吹灰时造成局部烟气场变化,也会影响管子的受力状况。

3 结论与建议

3.1 结论

(1)管子本身塑、韧性较差,脆性过大,是造成爆管的内在原因。

(2)管子及焊缝的组织不均匀,有过大的贝氏体存在,晶界碳化物析出过多,造成接头及母材性能不良,是爆管的另一内在原因。

(3)焊接质量不良,表面气孔、咬边缺陷,使焊缝承载能力下降,容易造成应力集中,是爆管外在影响因素。

(4)运行负荷变化、吹灰器频率及压力等,是造成爆管的另一外在因素。

3.2 建议

(1)加大管子的入厂验收力度,杜绝组织、性能

(上接第 35 页)动下一动作”,修改为“开机流程设定延时等待,当机组进入空转状态后,延时 5 s 再联动励磁调节器,进入空载状态后,再延时 5 s 启动同期装置”。

(4)提高机组进入空转状态转速定值,目前该发电厂空转状态转速均设置为 $95\% n_r$,将该定值适当放大至 $98\% n_r$,使得机组完全进入 $100\% n_r$ 范围内后,进入空转状态。

(5)提高机组进入空载状态电压值。目前该发电厂进入空载状态的电压值均设置为 $90\% U_r$,当电压大于 $90\% U_r$ 时,空载状态满足,瞬间启动同期装置。但在此过程中,如果机组电压未调至额定就启动同期装置,则同期装置需不断调节机端电压达到满足同期条件,势必延长机组并网时间。因此,可将顺控流程中“机端电压大于 $90\% U_r$ 启动同期装置”,修改为“当机端电压大于 $95\% U_r$ 时,启动同期装置”,可以减少机组同期并网的时间。

不合格管子在现场使用。

(2)加大现场管子安装质量的检测力度,采用灵敏度较高的方式检测,尽可能发现管子对接接头性能及使用缺陷。

(3)严格控制吹灰压力及频率,避免吹灰过频、压力过大、负荷变化剧烈等原因对受热面管子的不良影响。

(4)加强现场管子焊接监督力度,提高焊接质量,在保证焊接质量的前提下,尽可能选用小规范参数施焊,焊接完成后应严格做自检、专检,杜绝将焊接接头质量的缺陷带入运行中。

参考文献:

[1]火力发电厂焊接技术规程:DL/T 869—2012[S].
[2]火力发电厂金属技术监督规程:DL/T 438—2016[S].
[3]高压锅炉用无缝钢管:GB 5310—2008[S].
[4]康煜平. 金属固态相变及应用[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
[5]承压设备无损检测 第 2 部分:射线检测:NB/T 47013.2—2015[S].

(本文责编:白银雷)

作者简介:

滕树会(1988—),男,内蒙古赤峰人,助理工程师,从事金属技术监督、压力容器和特种设备管理工作(E-mail:976795807@qq.com)。

5 结束语

通过对 #5 机组开机过程中报警信号的分析,总结出影响发电机开机并网过程的主要原因,提出了改进措施。对 #5 机组进行上述改进后,运行 3 年来未出现并网不成功现象,说明以上改进措施有效。

参考文献:

[1]孟凡超,吴龙. 发电机励磁技术问题及事故分析[M]. 北京:中国电力出版社,2008.
[2]魏守平. 现代水轮机调节技术[M]. 武汉:华中科技大学出版社,2002.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

杨智南(1985—),男,贵州湄潭人,工程师,从事水电厂监控系统运行、维护方面的工作(E-mail:22428677@qq.com)。