

中压蒸汽管线三通开裂原因分析及建议

李德成

(中国石油天然气股份有限公司辽阳石化分公司炼油厂 辽宁 辽阳 111003)

摘要: 某石化公司加氢精制装置中压蒸汽管线一处三通发生泄漏,对三通进行宏观检查和微观分析,得出三通泄漏原因为三通主管内壁局部受回流冷凝水与蒸汽长期相互作用,金属不断收缩与拉伸,使得三通主管内壁局部处产生热疲劳裂纹,热疲劳裂纹不断地扩展,最终造成了三通管壁的开裂。

关键词: 中压蒸汽;三通;裂纹;热疲劳

0 引言

某石化公司加氢精制装置已运行20年,中压蒸汽管线上一处三通出现裂纹,装置处于运行状态,采用带压堵漏包盒子的方式暂时处理。装置停工后,切割下泄漏三通进行了失效分析。

1 中压蒸汽三通所处位置及规格参数

1.1 中压蒸汽所处位置

中压蒸汽三通主管方向去汽轮机,支管方向去安全阀,如图1所示。

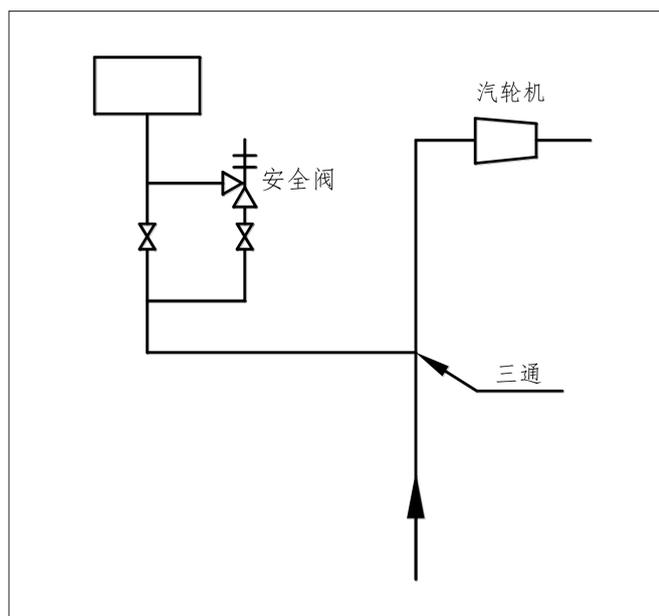


图1 泄漏三通位置

1.2 中压蒸汽三通规格参数

三通规格:主管 $\phi 219$ (DN200) $\times 12$ mm,支管 $\phi 159$ (DN150) $\times 10$ mm,材质为20G;管线内介质为

高温蒸汽,压力为3.80MPa,温度为385 $^{\circ}\text{C}$,在线运行20年。

2 检验分析

2.1 三通的宏观、低倍分析

将三通出现裂纹的一侧管壁切割下来,并进行了着色探伤和表面打磨(图2)。

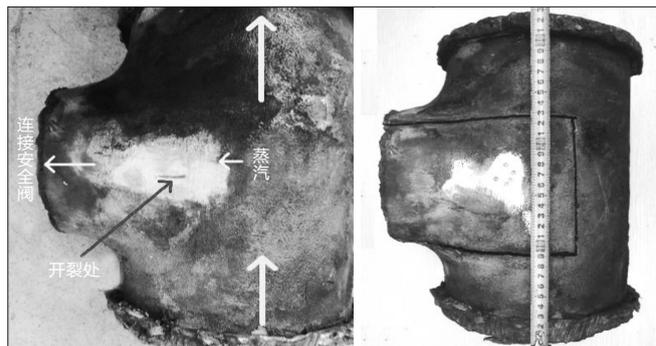


图2 三通的宏观形貌

裂纹位于三通的主管与三通支管相贯区域内。从三通外壁看,有一条基本与三通支管平行的直线裂纹(图3)。

从三通内壁看,有多条长短不一、虽然有些弯曲但大体也与三通支管平行的裂纹存在(图4)。

三通内壁大多数裂纹尚未穿透三通管壁,只是个别裂纹穿透了三通管壁。因此,确认三通开裂是从内壁起源,然后再向三通外壁逐步扩展的。

将三通带有裂纹的管壁,再次进行切割,切取检验分析样品(图5)。切割后,三通上裂纹贯穿部分就完全断开,形成了一对互相匹配的断口。可见,三通断口上有明显的“海滩状”的疲劳弧线(图6)。

初步判断,三通开裂性质具有热疲劳断裂的特征。

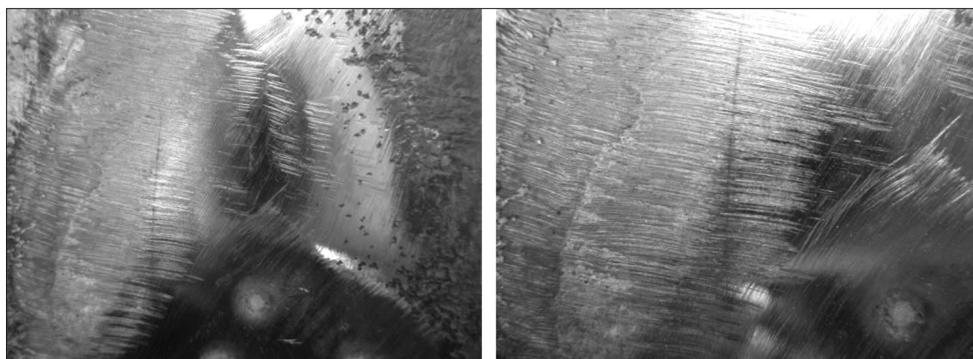


图3 三通外壁裂纹的宏观形貌

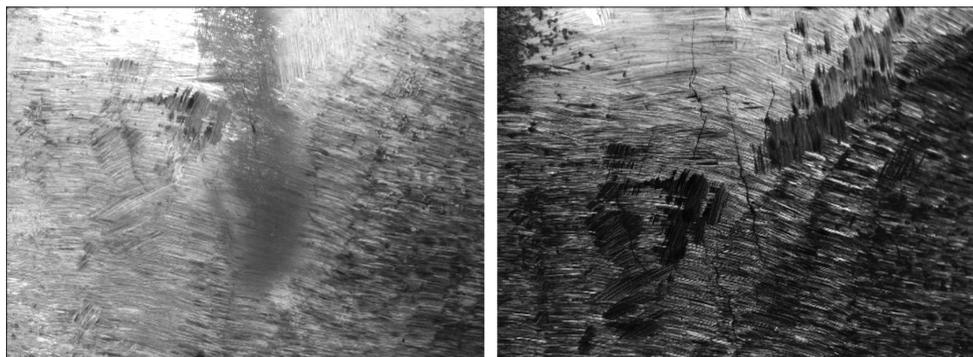


图4 三通内壁裂纹的宏观形貌

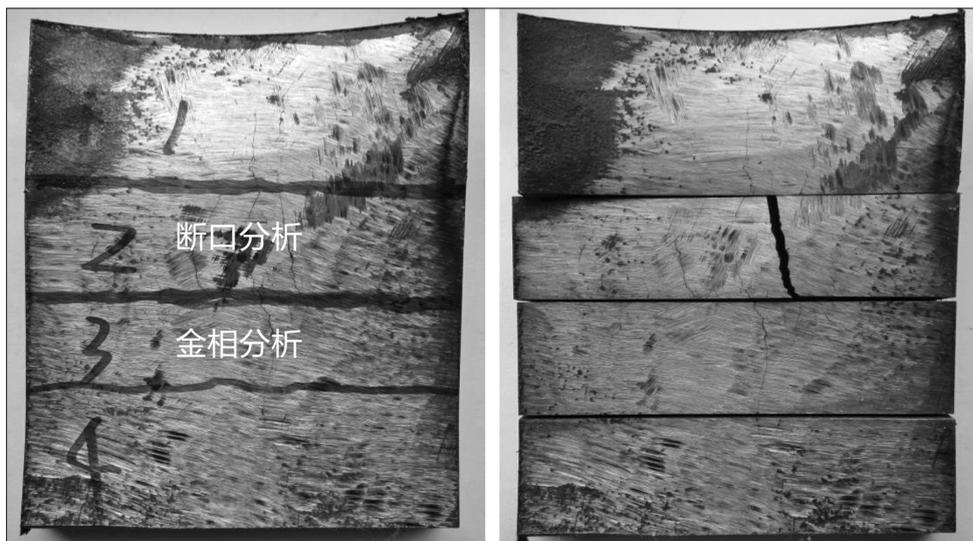


图5 三通管内壁裂纹区域切分取样位置

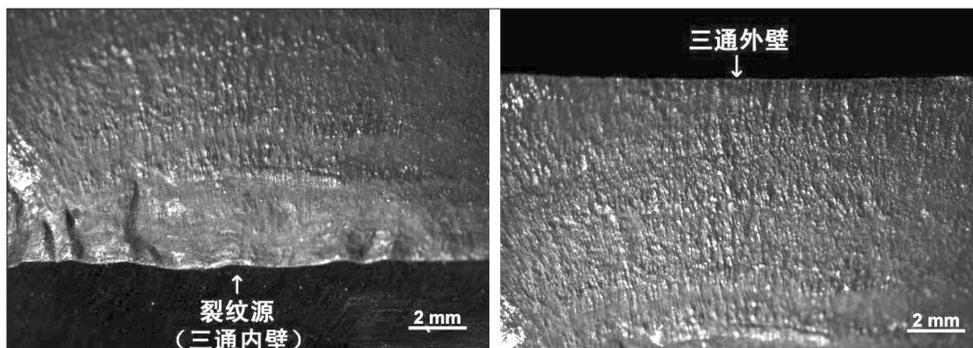


图6 三通管断口的低倍形貌

2.2 三通的材质分析

在三通上切取块状样品。依据相关标准，使用光谱仪等，对其材质进行化学分析。结果表明，三通材质成分符合20G钢的标准要求，见表。

2.3 三通的显微组织分析

使用扫描电镜，对三通断口进行微观形貌观察和元素成分能谱分析。

在电子显微镜下观察，裂纹中充塞着氧化物，断口的其他微观形貌则难以分辨；能谱分析表明，断口上（裂纹中）的氧化物主要是铁的氧化物（图7）。

在三通上切取金相样品（图5中3处），在三通裂纹垂直方向的金相样品上。可见，裂纹穿晶扩展，裂纹已经贯穿了整个三通管壁，裂纹中充塞着氧化产物，这些裂纹具有热疲劳断裂的特征。

3 原因分析

三通管材质符合20G钢的标准要求，金相组织为铁素体+珠光体，没有过热倾向，即珠光体球化和石墨化，表明了三通开裂与其材质、组织的关系不大。

在蒸汽管线及再热蒸汽管线上的一些特定部位（疏水管座、三通、阀门、放空气管和取样管等），由于存在冷热介质交汇或冷凝水回流等，易于发生热疲劳，造成管线的开裂泄漏。

三通主管输送中压蒸汽，三通支管用于连接安全阀。安全阀连通管从三通引出后，经过多个弯头、三通等，大约合计10m的长

表 三通材质的化学成分 (wt%)

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
三通	0.21	0.22	0.41	0.010	0.026	0.02	0.02	0.05
20G	0.17 ~ 0.24	0.17 ~ 0.37	0.35 ~ 0.65	≤ 0.030	≤ 0.030	≤ 0.25	≤ 0.25	≤ 0.25

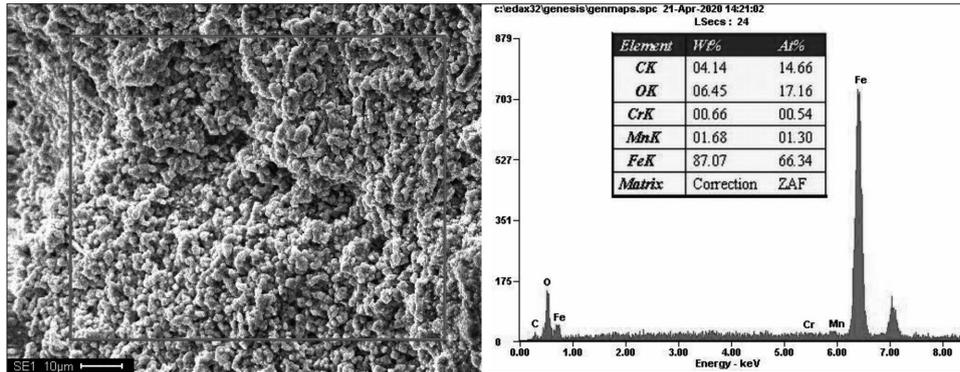


图7 三通内壁断口的SEM+EDS

度才到安全阀。由于安全阀连通管中的平衡管长度较长、管径较小及弯头、三通数量多,使得连通管内的蒸汽流动不畅,尤其是在正常压力下,安全阀是关闭的,只有当管线内蒸汽超压时,安全阀才会开启,因此,安全阀连通管实际上是一根“死管”。这样一来,安全阀连通管内的蒸汽极易受到管壁的冷却而形成饱和的冷凝水;连通管越长,则热损失越大,越容易形成饱和的冷凝水,而且形成饱和的冷凝水量也就越多。

安全阀连通管中冷凝水形成并聚集到一定的数量后,就会流动。当冷凝水以一定速度、数量流向高温三通主管并在这里停留时,三通主管接触冷凝水的部位(即产生裂纹处)突然受到冷却,金属突然收缩而产生热应力;同时,管道内的高温蒸汽向三通主管被冷凝水冷却的低温管段补充热量,对受到冷却的部分进行加热而拉伸。这样冷热反复循环进行,当热应力和其他应力叠加大于某一临界值时,将不断地发生压缩及拉伸塑性应变。当这种压缩、拉伸次数达到一定数

值后,就在三通上产生热疲劳裂纹,随着热疲劳裂纹的不断地扩展最终就会贯穿三通管壁,造成管线内蒸汽的泄漏。

4 结语

造成三通管热疲劳开裂的原因是在三通支管与安全阀连接管线中,因蒸汽不流通而出现冷凝水,当冷凝水聚集到一定量后,会回流到三通主管中,使三通主管内壁局部区域受到冷却而收缩形成压应力;同时,高温蒸汽又会将三通冷却部位再加热而伸长形成拉应力。冷

热应力长期反复不断地作用,使得三通主管内壁局部处产生热疲劳裂纹,热疲劳裂纹的不断地扩展最终造成了三通管壁的开裂。

定期对管线上易于产生热疲劳位置(三通、阀门、疏水管和取样管等),进行无损检测,如发现热疲劳裂纹产生,要及时予以更换或修复。加强对管线上的一些“死区”的保温,减少这些部位的热量散失,防止冷凝水的产生和聚集。对于管线布置不甚合理部分进行必要的更改,减少冷凝水的回流。

参考文献:

- [1] 杨小川, 杨红英. GB 5310-2008 版与 1995 版的对比分析 [J]. 东方锅炉, 2010(4): 19-26.
- [2] GB 5310-1995, 高压锅炉用无缝钢管 [S].
- [3] 董子清. 中温中压主蒸汽管道裂纹的检查与原因分析 [J]. 华东电力, 1982(9): 53-55.
- [4] 何志敏, 甘孟必, 陈鹏, 等. 锅炉减温三通泄漏失效分析 [J]. 发电设备, 2003(5): 40-42+49.