

· 材料与防腐 ·

制氢站冷却器换热管泄漏原因分析

毛华群

(宝钢工业检测公司, 上海 201900)

摘要: 针对某公司制氢站一台冷却器换热管多处腐蚀穿孔泄漏现象, 通过对其换热管化学成分分析、管子表面腐蚀产物形貌分析、腐蚀产物成分能谱分析、管子金相组织分析和水质分析, 结果发现换热管失效原因是与循环冷却水质和流速缓慢有关。

关键词: 换热管; 失效; 点腐蚀

中图分类号: TQ 050.9⁺1

文献标识码: A

文章编号: 1009-3281(2010)04-0055-03

Causes Analysis of Leakage Occurred in Heat Transfer Tube in Cooler Used in Hydrogen Generation Station

MAO Hua-qun

(Industrial Inspection Co., Bao Steel, Shanghai 201900, China)

Abstract: With respect to the leakage due to corrosion occurred in several locations in the heat transfer tubes in a cooler used in a hydrogen generation station, the chemical and metallurgical composition of the tubes, the surface form and the composition energy spectrum of the corrosion products and the water flowing in the tubes were analyzed. The result showed that the failure of the tubes was due to the composition of the cycling water and the low velocity of the water.

Keywords: heat transfer tube; failure; dot corrosion

某公司制氢站焦炉煤气冷却器使用20个月就出现4根换热管子局部腐蚀穿孔现象。该换热器自2004年7月制造, 2005年5月功能考核结束投用, 而且非满负荷运行。换热器结构为卧式固定管板式换热器型式, 管内走焦炉原料煤气, 管外走冷冻循环水。冷却器外观主要技术参数见表1。

表1 冷却器主要技术参数

参数	壳程	管程
设计压力/MPa	1.0	1.0
工作压力/MPa	0.4	0.75
设计温度/℃	-10/220	-10/220
工作温度/℃	4~6	进口温度77℃, 出口温度40℃
介质	冷冻循环水	焦炉原料煤气
主体材质	16MnR	管板16Mn, 列管材质20#
规格尺寸/mm	φ488 × 10 × 7 413	φ25 × 2.5 × 6 150
折流板间距/mm	290.5	

1 宏观形貌观察

失效换热管外表面覆盖一层厚薄不均匀的沉积物, 靠近折流板的部位分布着一些大小不一的蚀坑, 呈溃瘍状, 出现腐蚀减薄现象, 腐蚀严重的部位已经穿透, 蚀孔径约5 mm。从抽出的多根管子来看, 在

靠近一些折流板附近都有这种腐蚀情况, 但折流板的其他部位无此现象, 内表面也未发现腐蚀, 说明腐蚀是从外表面开始向内表面发展, 腐蚀有可能与折流板位置有关, 也可能与管外的循环水质有关。

2 化学成分分析

对取样换热管子材料的化学成分进行分析, 判断材料是否有异常, 表2为管子化学成分测试结果, 符合20钢标准。

表2 换热管化学成分

项目	%				
	C	Si	Mn	P	S
实测值	0.19	0.20	0.48	0.009	<0.005
标准值	0.17~0.23	0.17~0.37	0.35~0.65	<0.035	<0.035
供货值	0.21	0.19	0.50	0.005	0.010

3 金相分析

对取样的换热管子腐蚀穿孔处的剖面进行金相分析, 图1为换热管子蚀坑处金相组织, 为铁素体和

收稿日期: 2010-01-04

作者简介: 毛华群(1961—), 女, 江苏靖江人, 高级工程师, 国家注册承压特种设备高级检验师。长期从事压力容器压力管道检验技术工作。

珠光体,金相组织正常,管外表面蚀孔口大于内表面蚀孔口,整个穿孔具有点蚀坑的形貌特征。另外,从外表面剖面金相看,没有裂纹和其他沿晶腐蚀情况。管子材料金相显示为铁素体和珠光体组织。以上说明腐蚀不是材料本身造成的,需要找介质中的原因。

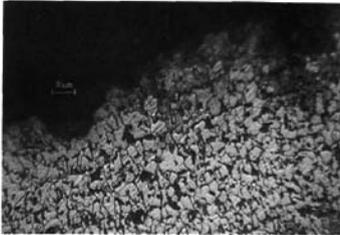


图 1 换热管蚀坑处金相组织

4 腐蚀产物分析

4.1 表面沉积物和腐蚀产物成分的能谱分析

对点蚀坑的形貌和点蚀坑内的成分分析有助于了解点蚀产生的原因。从能谱结果(图 2)可以看出,C 为 1.84%,O 为 21.91%,Si 为 0.61%,Cl 为 0.86%,Ca 为 0.70%,Fe 为 73.36%。

从表面沉积物能谱分析结果可以看出,沉积物成分除 Fe 外,还有 Ca(0.70%)等是 20 钢中不具备的,因此判定它们来自循环冷却水。

能谱分析结果还看出,腐蚀产物中主要为铁的氧化物,另外还有少量的碳酸钙垢层,还有氯离子。铁的氧化物是腐蚀产物,而碳酸钙垢层和氯离子是导致腐蚀的原因。

4.2 腐蚀产物的结构分析(X-射线衍射法)

从换热器的出口取部分壳程腐蚀产物(即换热管外表面腐蚀产物)进行分析,根据腐蚀产物的类型可以了解腐蚀的原因。由于取的产物含很多水分,进行烘干后分析。利用 X-射线衍射可以分析出

化合物的结构类型,如图 3 所示,腐蚀产物主要为铁的氧化物和铁锈(Fe₂O₃, Fe + 3O(OH));其中 Fe + 3O(OH)可能是由于 FeO(OH) + nH₂O 和烘干失去水分造成的)。

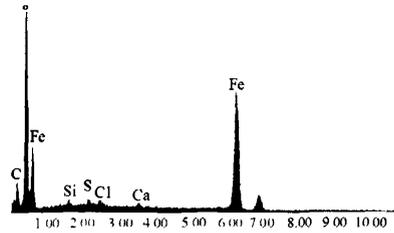


图 2 腐蚀坑内的腐蚀产物能谱分析结果

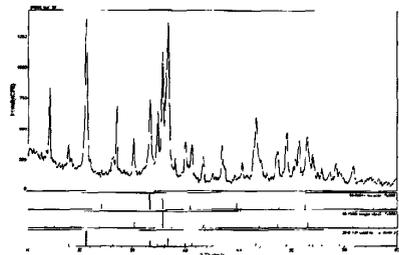


图 3 X 射线衍射结果

从循环水产物可以看出,主要是铁的腐蚀产物,没有发现碳酸盐类等水垢的存在,属于正常的氧腐蚀造成的铁锈。

该 X 射线衍射的粉取自壳程的整体腐蚀产物,而不代表点蚀坑的腐蚀产物。因为点蚀只是局部,和壳程整体腐蚀产物相比非常微小。另外,取样的部位也不同,因此,该结果不说明点蚀坑内的腐蚀产物是正常的。

5 循环水质分析

表 3 是冷却器运行期间的壳程循环水质分析报告,从表中可以看出各项指标基本正常。

表 3 制氢站循环水系统水质分析

分析日期	PH	电导率	浊度	总铁	细菌	碱度	钙硬
标准值	9.0 ~ 10.0	600 ~ 1500	<30	<3	<1.0 × 10 ⁵	<300	<350
2006-12-14	9.35	1 042	20	1.16/0.09	1.80 × 10 ³		
2006-12-21	9.52	1 184	18	1.06	7.00 × 10 ²	128	82
2006-12-28	8.64	1 160	23	1.16/0.07	9.00 × 10 ²	120	88
2007-01-19	7.28	1 155	18	0.88/0.07	7.00 × 10 ²	150	116
2007-02-15	7.31	1 143	13	0.28/0.06	7.00 × 10 ²	166	
2007-03-27	7.9	957.1	7	0.46/0.04	6.00 × 10 ²		
2007-05-28	8.65	1 180	36	1.68	2.00 × 10 ⁴	140	120
2007-06-04	8.67	1 120	27	1.53/0	>10 ⁵	160	

6 失效原因分析

腐蚀示意图见图4。

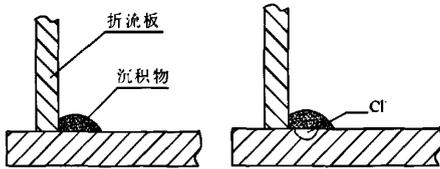


图4 孔蚀示意

根据以上各项分析,循环水整体上指标良好,所以换热管子整体上外表面没有大面积腐蚀现象,仅在折流板部位出现点腐蚀,折流板造成了壳程循环水在该部位的管外壁流速减慢,水中的垢物和表面腐蚀产物在该处堆积,形成点腐蚀,而Cl⁻离子的存在和在堆积处积聚也加速了点腐蚀的发展(图4)。

点腐蚀是冷却水系统中破坏性和隐患最大的腐蚀形态之一,容易导致容器穿孔损坏。该碳钢换热管的腐蚀形态属于点腐蚀,主要原因是由于局部地区有沉积物形成的沉积物下点腐蚀(或称垢下腐蚀)。腐蚀机理为沉积物下的氧浓差和Cl⁻离子集聚所引起的。

沉积物形成的主要原因是因换热器管外壁的折流板造成了循环水在该部位流速减慢,水中的沉积物容易在该处堆积,形成点腐蚀;在沉积物(或腐蚀产物)下面供氧不足,形成了贫氧的阳极区,在其边

缘形成了富氧的阴极区,富氧区域电位高,为阴极,贫氧区域电位低,为阳极,进而形成浓差电池,结果是阳极区的坑愈来愈深,阴极区的腐蚀产物愈积愈多,而半径小、容易迁移的Cl⁻离子的存在和在沉积物下积聚也加速了点腐蚀坑的发展。

7 结论及建议

(1) 该碳钢换热管的腐蚀失效形式属于点腐蚀(可称沉积物下点腐蚀或称垢下腐蚀),换热器的换热管的腐蚀均发生在折流板的边界处,腐蚀在管子外壁冷却水侧发生,腐蚀与周围环境条件即循环水质有关,与碳钢材质无关。

(2) 该换热器仅运行20个月时间就有4根管子发生点腐蚀穿孔,应引起对冷却水水质的重视,并加以严格控制,需要从工艺上和水处理上进行预防。从工艺上主要是流速的合理优化,将折流板处流速提高,可减少沉积物停滞在管子外壁,减轻了溶解氧的局部差异;从水处理上,冷却水系统通用有效的防腐方法就是采用合适的缓蚀剂和阻垢剂,防止沉积物的积聚。

(3) 上述两方面严加控制后仍旧可以使用碳钢换热管。

参考文献

- [1] 中国腐蚀与防护学会主编. 腐蚀与防护全书--金属的局部腐蚀[M]. 北京:化学工业出版社.

凯士比(KSB)首次推出传热系统新型循环泵

2010年4月,KSB Aktiengesellschaft, Frankenthal 首次推出其最新的 Etanorm SYT 系列,凯士比(KSB)新一代单级蜗壳泵专门开发用于现代传热系统和热水循环系统。

Etanorm SYT 泵可处理热水以及温度高达350摄氏度的矿物质流体和热导油,特别适合传热系统的恶劣条件,泵的新型稳定骨架设计和强化轴承可以承受外部受力。

由于在新开发的泵技术中特别采用了高效的合成油料,Etanorm SYT 进行了很大的技术创新,例如采用新型的排气设计,在运行过程中,能够可靠地排除气体。对于很关键的流体,已经采用了双端面密封,客户可以在碳钢轴承(标准轴承)或碳化硅(SiC)滑动轴承之间选择。

凯士比(KSB) Etanorm SYT 泵经过水力模型优化,且具有高能效,泵的叶轮直径可以分别匹配实际系统的负载点。通过从较大范围系列的产品样本中选择最佳的叶轮直径和泵的规格,可以进行最佳的组合,满足绝大多数负载点的要求。泵始终在或接近其最佳效率点运行,具有极佳的经济性。作为标准配置,所有的泵装有高效率的IE2 马达,速度控制系统作为选项供货。

(凯士比中国 供稿)