冷却器浮头螺栓断裂分析及改进措施

摘　要：硫磺酸性水气提装置冷却器浮头螺栓，半数发生脆性断裂。通过宏观检查、金相、化学成分和工艺条件等方法，对浮头螺栓断裂进行全面分析，采取了相应措施，收到了好的效果。

关键词：冷却器浮头　连接螺栓　断裂　抑制措施

1、使用情况

硫磺 64 万吨/年酸性水汽提单元在 28 个月的时间里，只使用 2 次 4 个月，而且是相隔 9 个月。通过检修，发现 E-401、404、406、408D、409、415 的 6 台换热器浮头螺栓，分别有 20 条、5 条、12 条、5 条、4 条、5 条断裂。

2、断裂分析

2.1 断裂形态

从螺栓断裂的外管看，在螺纹的螺根部垂直螺栓中心线的横截面断裂的。从断口上看属于脆性断裂。没有发现横截面减小，说明断裂的同时没有发生缩性变形，见图 1、图 2。



图 1



图 2

2.2 断裂分析

换热设备的操作条件和螺栓参数见表 1 和表 2。

表 1　　操　作　条　件

序号	工艺编号	设 备 名 称	规格 型号	温度℃		介　质		压力 Mpa	
				管	壳	管	壳	管	壳
1	E401	原料水冷却器	BES700-2.5-120-6/25-4I	30	65	循环水	原料水	0.3	1.45
2	E404	分凝液冷却器	BJS600-2.5-90-6/25-2I	30	116	循环水	分凝液	0.35	0.15

3	E406	净化水原料水二次换热器	BES800-2.5-145-6/25-6I	68.1	132.1	原料水	净化水	1.1	0.45
4	E408D	净化水原料水一次换热器	BES800-2.5-160-6/25-4I	122	146.6	原料水	净化水	1	0.5
5	E409	净化水原料水三次换热器	BES600-2.5-85-6/25-4I	40.3	112.8	原料水	净化水	1.2	0.4
6	E415B	净化水冷却器	BES800-2.5-170-6/25-2I	30	60	循环水	净化水	0.3	0.33

表 2　　螺 栓 参 数

序号	工艺编号	设 备 名 称	**规 格 型 号**	**材质**	**总数量（套）**	**断裂 数量（套）**
1	E401	原料水冷却器	M20×250	40Cr	**40**	20
2	E404	分凝液冷却器	M20×210	40Cr	**24**	5
3	E406	净化水原料水二次换热器	M20×250	40Cr	40	12
4	E408D	净化水原料水一次换热器	M20×250	40Cr	40	5
5	E409	净化水原料水三次换热器	M20×210	40Cr	28	4
6	E415B	净化水冷却器	M20×250	40Cr	40	5

因硫磺汽提装置原料水含有 H_2S、NH_3，还含有 CO_2、CN^-，酚和油等多种介质，PH 值在 10±5，原料水的温度为 65-70℃。碳钢在这种的操作条件工作，碳钢的金属表面腐蚀比较厉害。其腐蚀形式为电化学腐蚀，易在焊口及金属母材受弯曲力等部位出现应力腐蚀开裂现象。也就是说在同一环境下 HB 的硬度高的比硬度低的容易腐蚀，硫磺酸性水罐的罐壁板焊道存在的应力的腐蚀而罐壁母材不存在腐蚀这一现象可以说明[1]。**其腐蚀原因为**：

由于 H_2S 溶解于水中，与金属发生腐蚀反应

$H_2S + Fe - FeS + H_2 \uparrow$

FeS 与 HN_3 反应能够生成 HN_3HS 沉积于金属表面，并产生垢下腐蚀。在有应力集中的部位还会引起硫化物应力腐蚀开裂（SCC）。

$H_3N + H_2S - NH_4HS$

氨极容易溶于水（溶解度体积比 700：1），氨和水结合，在低温的条件下生成比较稳

定的晶体水合物 NH_3。H_2O。但其熔点较低 - 78.85℃，其电解式如下：

NH_3。H_2O - $NH_4^+ + OH^-$

产生离子和电解液，形成电化学腐蚀。再加上硫化氢以及氨的共同作用而使腐蚀加剧。

当有氰化物（CN^-）时，在 PH 值大于 7.5 时，开裂随介质中 CN^- 浓度增加而增加。当 HN_3HS 与 H_3N 反应时：

$HN_4HS + HN_3$ - （HN_4）$_2S$

硫化氨（HN_4）$_2S$ 能使 H_2S 在水中的溶解度大大增加，提高了 HS^- 浓度。

因为螺栓无论设备停止使用还是正在使用，都是锁紧状态。这说明这些螺栓始终都存在拉应力。另外现在正在用的螺栓材质为 40Cr 钢，含碳量为 0.4%左右。HB 硬度为 317，属于高硬度钢。所以存在较高的应力腐蚀倾向[2]。

另外，对于停工装置如果不进行保护措施，设备的腐蚀比连续开工时要厉害得多。其主要原因是停工过程中存在较多的空气，空气与设备内的有害介质氧化生成的物质可以较强的腐蚀设备。

所以说，造成螺栓的断裂是因为，螺栓本身存在拉应力。设备内的 PH 质偏碱性的同时设备内不存在湿硫化氢，装置开工停工这一外部条件存在。两者的复合作用的结果造成。

3、解决措施

根据以上分析为了解决螺栓的应力腐蚀断裂问题采取了以下方法：

⑴原设计采用的螺栓材质为 40Cr 的，HB 硬度为 317，硬度太高，不适合。本次建议**选用螺栓材质为 30CrMoA，**目的降低碳含量增强韧性。HB 硬度 229，降低了 88，加工要求 HB 硬度不大于 200，这样材质的硬度见下来了，韧性增加了。这样可以增加抗应力腐蚀的能力。

⑵装置停工后，拆除前后管箱，浮头螺栓松开。这样做可以消除螺栓的拉应力。避免了

螺栓的应力腐蚀。另外，换热设备拆除前后管箱达到通风条件，同时可以降低管束的腐蚀。

通过几年的使用，基本解决了小浮头应力腐蚀的问题。