

火炬头下法兰断裂原因分析

董伟娟

(锦西炼油化工总厂研究院 辽宁葫芦岛 125001)

摘要 通过对法兰进行化学成分分析、断口分析、金相组织分析及电子探针腐蚀产物微区成份分析,表明该法兰断裂是由于应力腐蚀所致。

关键词 法兰 断裂 失效分析 应力腐蚀

中图分类号 TG172.9 **文献标识码** A **文章编号** 1002-6495(2000)01-0060-03

FAILURE ANALYSIS OF STRESS CORROSION FOR FLANGE

DONG Weijuan

(Jinxi Oil Chemical Factory, Huludao 125001)

ABSTRACT Through analyses of chemical composition, fracture, microstructure and corrosion product by electron probe, it is shown that stress corrosion results in the failure of the flange.

KEY WORDS flange, cracking, failure analysis, stress corrosion

某公司排放废气火炬的火炬头下部法兰使用一段时间后,沿法兰颈部产生开裂。法兰材料图纸上标定为 ZG1Cr18Ni9Ti, 法兰使用温度为 450~500℃, 法兰距地面高度为 106 m。为分析法兰断裂原因,进行了化学成分分析、断口分析、金相组织分析及电子探针腐蚀产物微区成分分析等。

1 化学成分分析

通过对法兰上取样进行化学成分分析,其化学成分如表 1 所示。

从表 1 中可以看出,法兰材料的化学分析与 1Cr18Ni9Ti 比较相差较大,其碳含量、硅含量、硫含量均较高,钛含量为零。而与 1Cr18Ni9、Y1Cr18Ni9 材料相比,与 Y1Cr18Ni9 相近,但其成分中硅含量偏高,镍含量稍高。由此可见法兰材料与 Y1Cr18Ni9 相近,并非 1Cr18Ni9Ti。

2 断口分析

2.1 宏观分析

火炬头法兰其断裂部位位于法兰颈锥过渡处,裂纹沿整个法兰周向产生。经过裂纹处取样切开观察,发现断口处材料呈纤维状,且纤维状组织的纤维为径向排列,与裂纹扩展方向相同,因而这种纤维排列极易在径向方向产生裂纹^[1-2]。同时,发现法兰在切开处有较大的原始铸造缺陷。

2.2 微观分析

利用扫描电子显微镜对断口进行微观分析,发现在断口表面晶界上和晶粒表面都有较多的腐蚀产物。

3 金相组织分析

对断口附近取金相试样,经机械抛光后,金相组织照片如图 1 所示。由金相组织照片可以看出,铸钢法兰的晶粒极为粗大,其晶粒尺寸可达到 mm 数量级。因此,晶界也相当大,这对于材料来说相当于材料内部裂纹增大,所以极易发生裂纹扩展^[3]。同时在法兰沿壁厚方向上不同部位均有裂纹,该裂纹为沿晶裂纹。由此可见,在法兰内部除宏观观察到的主裂纹外,还存在着大量沿晶界开裂的小裂纹。

Table 1 Comparison between analyzed chemical composition and standard composition(%)

	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Ti
tested results	0.15	1.22	0.89	0.028	0.11	11.14	17.40	-
1Cr18Ni9Ti	≤0.12	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.0~11.0	17.0~19.0	≥5
1Cr18Ni9	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.035	≤0.030	8.0~11.0	17.0~19.0	-
Y1Cr18Ni9	≤0.15	≤1.00	≤2.00	≤0.20	≤0.15	8.0~11.0	17.0~19.0	-



Fig. 1 Microstructure of flange cross section 50 ×

4 电子探针腐蚀产物微区成分分析

采用岛津 EPM-810Q 电子探针对裂纹表面腐蚀产物进行分析,裂纹末端表面腐蚀产物及 S、Cl 分布如图 2 所示。图 2(a)、2(b)、2(c)分别为裂纹起裂点

附近腐蚀产物电子扫描及与之对应的 S、Cl 含量分布情况。由图可以看出裂纹表面腐蚀产物较多。因此,由电子探针分析可以得出结论,其中 S 含量较少,而 Cl 含量较多。在裂纹表面存在着硫化物及氯化物,因而在裂纹形成及扩展中存在着腐蚀因素。造成腐蚀的两个原因其一是由于沿海空气 Cl^- 腐蚀,其二是由于烟气中所含 S 造成的腐蚀。

从材料的化学成分及组织分析中可以看出,其含碳量很高(0.15% C),不含 Ti,奥氏体晶粒组织粗大,且工作温度超过 450℃,属于该钢的敏化温度范围。在该温度下,奥氏体中溶碳能力小于 0.02%,过饱和的碳向奥氏体晶界扩散,与晶界附近的铬结合成 Cr_{23}C_6 的金属化合物。由于碳的扩散快(间隙扩散),铬的扩散慢(置换扩散),因此奥氏体晶粒内部的碳都能扩散到晶界处,而只有晶界附近的铬才能扩散到晶界处,又由于 Cr_{23}C_6 的含铬量约为 75%,而钢的平均含铬量不到 18%,因此造成晶界附近贫

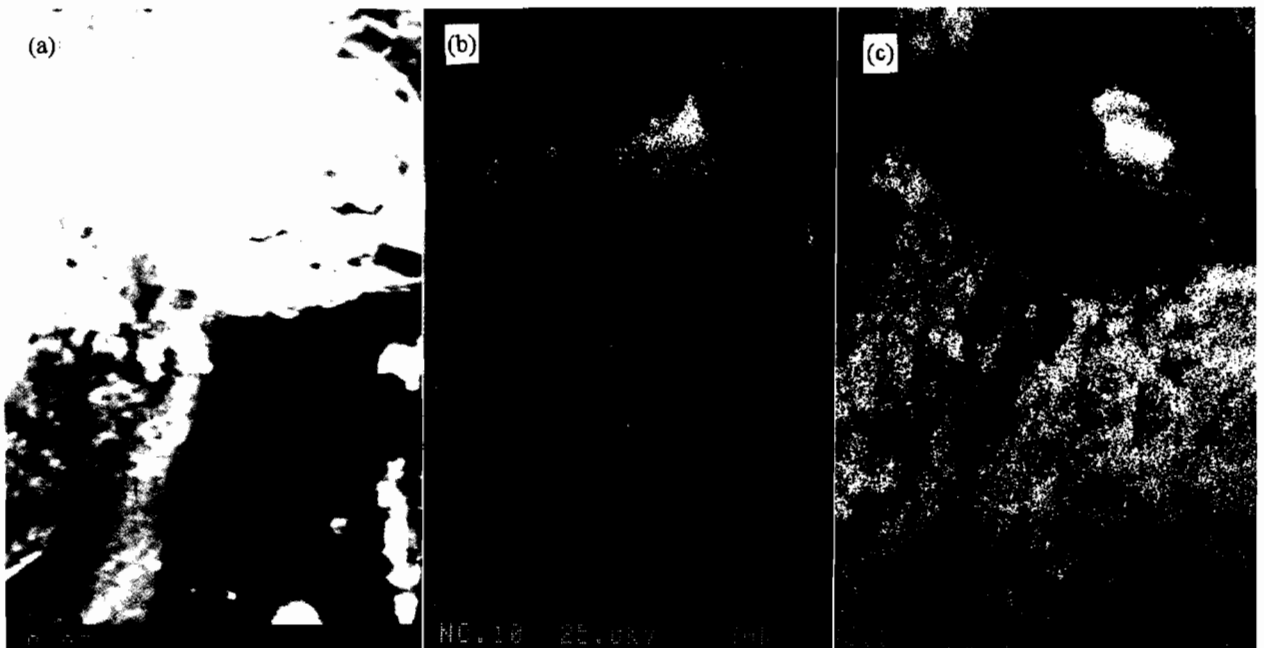


Fig. 2 Analysis of corrosion product by electron probe 500 ×. (a) Photo of crack cleavage point by scanning electron microscope, (b) Distribution of S at area close to crack cleavage point, (c) Distribution of Cl at area close to crack cleavage point

铬,在腐蚀介质作用下首先在外表面产生晶间腐蚀,而使晶粒与晶界的结合力丧失,使材料脆化^[4]。因此,在风载荷引起的拉应力和硫化物介质的联合作用下,在外表面腐蚀的晶界处产生应力腐蚀裂纹。裂纹尖端处硫化物作用造成阳极溶解,而尖端处含铬量低不能再钝化,Cl⁻的迁入又破坏钝化,加之外力作用,使裂纹尖端成为动力阳极而不断溶解,使裂纹不断沿晶界扩展,最后产生沿晶断裂^[5]。从裂纹走向分析及断口扫描电镜分析的结果可以看出其断裂为沿晶断裂。它是晶间腐蚀诱发的,拉应力和硫化物联合作用的应力腐蚀开裂。

为防止开裂首先应从防止晶间腐蚀入手:(1)可选用超低碳(含C少于0.03%)的奥氏体不锈钢,如国内的00Cr18Ni9、美国的304L、316L等;(2)选用含Ti和Nb的奥氏体不锈钢,先进行1050~1100℃的固溶处理,然后在850~900℃进行较长时间的稳定化处理。这样使碳和Ti、Nb结合成TiC、NbC,使奥氏体中含碳量降低,而不会在晶界上析出Cr₂₃C₆。其牌号如0Cr18Ni9Ti(321)、0Cr18Ni11Nb(347)。

对以上两类材料,其金相组织中最好含有5%~10%的 δ -铁素体,这样即可以减轻晶间腐蚀,又可减轻应力腐蚀。

5 结论

通过以上分析,该法兰产生断裂的原因是:(1)

该法兰材料未达到图纸上标注的1Cr18Ni9Ti的标准,实际材料与Y1Cr18Ni9稍为接近,但其含硅量偏高,含镍量稍高,同时其铸造组织较为粗大,未达到组织成分要求,对法兰取样分析发现法兰内部有较大铸造缺陷,因而该法兰材料质量较差。

(2)在对断口进行腐蚀产物分析中发现断口表面存在有大量S与Cl,其Cl含量尤为突出,当采用扫描电镜对断口表面观察,发现其裂纹为沿晶断裂,该种裂纹断裂特征属于应力腐蚀断裂特征。因此,该法兰断裂属于应力腐蚀断裂。由以上分析可以得出造成法兰应力腐蚀的原因是由于沿海潮湿空气中的Cl及烟气中S的作用造成了法兰的应力腐蚀开裂。

综上所述,法兰断裂是由于该法兰材质不合格,材料本身质量不合格及应力腐蚀造成的。

参考文献

- [1] 王正. 疲劳与断裂及其在压力容器上的应用. 北京:兵器工业出版社. 1997
- [2] 赵克勤,王秀珍,王正. 石油化工容器及设备. 武汉:华中理工大学出版社. 1990
- [3] 王正. 联轴器断裂原因分析. 石油化工高等学校学报. 1998, 11:61
- [4] 颜明皋,刘才穆译. 金属的疲劳与断裂. 上海:上海科学技术出版社. 1983
- [5] 崔忠圻. 金属学与热处理. 北京:机械工业出版社. 1989