

加氢装置三级进气阀阀垫失效原因分析

孙宝财^{1,2} 丁雪兴¹ 徐鲁帅¹ 肖 雪³ 凌 晓¹

(1.兰州理工大学石油化工学院;2.甘肃省特种设备检验检测研究院;
3.中国石油天然气股份有限公司玉门油田分公司)

摘 要 通过宏观检查、材料成分分析、金相检验和能谱分析方式对某石化公司加氢装置三级进气阀的失效垫片进行了检测分析。结果表明:阀垫安装时存在安装间隙,造成阀盖与阀体间的多次循环挤压和气体腐蚀摩擦,从而使阀垫尺寸减小、力学性能下降,同时使工作环境温度升高;在高温、还原性气体环境中,紫铜中的氧化亚铜与还原性气体反应生成水蒸气和二氧化碳,同时产生一定的压力以求析出,当压力大于金属本身强度时引起材料沿晶界开裂;当晶界开裂累积到一定量时,在受到一个较大的冲击力后导致阀垫瞬间破碎。

关键词 阀垫 加氢装置 紫铜 “氢气病” 晶界开裂

中图分类号 TQ055.8*9

文献标识码 B

文章编号 0254-6094(2020)05-0702-04

在加氢车间中,压缩机是核心设备之一,是日常维护检修的重点对象^[1]。压缩机进气阀多采用铜制阀垫^[2,3]密封,阀垫的主要作用为:填充阀盖与阀体间的缝隙;起密封作用,保证阀盖与阀体紧密配合,工作介质不外漏^[4-6]。若压缩机进气阀阀垫失效,将会产生极为严重的后果。

某石化公司的加氢车间于2016年5月投产,2017年7月6日加氢装置三级进气阀发生泄漏,泄漏原因为阀垫破损,随后更换了同种材料的垫片,于2018年8月23日再次发生同种状态泄漏。通过紧急处理,成功关闭阀门。为避免类似事故再次发生,笔者取下阀门垫片进行检测分析^[7-10],找出阀垫失效的原因并给出改进建议。

1 运行工况

阀垫材料为Cu,尺寸为 $\phi 204\text{mm} \times \phi 195\text{mm} \times 2\text{mm}$ 。泄漏气阀工况为:操作温度 110°C ,工作介质(干基)包括 $85\%\text{H}_2$ 、 $3\%\text{O}_2$ 、 $7\%\text{N}_2$ 和 $5\%\text{CO}$,操作压力 4.25MPa 。

2 检测与分析

2.1 宏观检查

图1为阀垫失效前后的宏观形貌,从图1可以看出阀垫多处破损形成大量碎片,且发生严重

变形。分别测量失效前后阀垫的厚度与宽度,见表1。可以发现,阀垫在厚度方向上减薄量不均匀,减薄量最大为使用前阀垫厚度的65%,减薄量最小为使用前阀垫厚度的11%;阀垫宽度方向上尺寸也有所减小,减小量变化不大,但均超过了1mm。

初步分析阀垫在厚度方向上产生变形的原因是:预紧力过大,阀垫产生塑性变形。此时阀垫在宽度方向上尺寸会增加,但实际测量时阀垫在宽度方向上尺寸却减小了,因此可以排除此原因。进而分析阀垫变形的原因是:安装时或者运行过程中,预紧力不够,进气阀与阀垫之间产生间隙,造成阀盖与阀体间的多次循环挤压阀垫而减薄,进气阀与阀垫之间间隙大小不同,阀垫不同部位上受到的循环力大小不一致,厚度方向上减薄量不均匀,而且间隙的存在使得运行环境被气体介质(氧气和一氧化碳气体)包围,对铜垫片产生了氧化腐蚀,从而在循环挤压力的作用下表面的腐蚀层不断形成与脱落,发生减薄。

在宽度方向上尺寸减小的原因是:在含有氧气和一氧化碳气体介质中铜垫片发生了氧化腐蚀,但在宽度方向上不受循环挤压力的作用,因

基金项目:甘肃省市场监督管理局科技项目(GZJ2017012,GZJ2017013)。

作者简介:孙宝财(1981-),高级工程师,从事石油矿场设备的设计和检验工作,463299457@qq.com。

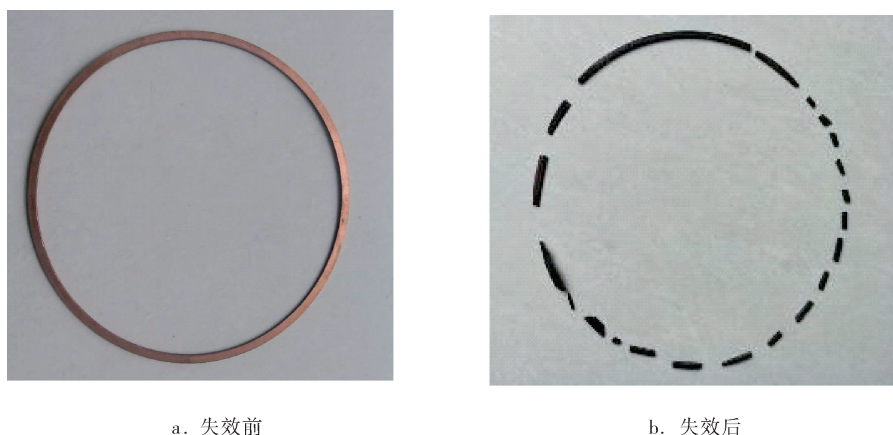


图 1 阀垫失效前后的宏观形貌

表 1 阀垫使用前与失效后厚度、宽度对比

mm

项目	使用前				失效后				
厚度	2.00	1.80	0.70	0.90	1.16	1.58	1.78	1.38	1.20
宽度	5.60	4.14	4.11	5.22	4.20	3.74	4.00	4.52	3.64

此尺寸的减小量较厚度方向上的要小,且各部位基本一致。当阀垫尺寸减薄达到一定极限时再受到一个较大力的作用就会发生断裂破碎。

2.2 成分分析

对失效阀垫进行材料成分分析,结果见表 2,可以看出阀垫铜含量大于 99.950 0%,为紫铜。

表 2 失效阀垫材料成分分析结果

%

元素	Cu	Pb	Ni	P	Fe	Sn	Mn	Si
含量	>99.9500	0.000 2	0.000 9	0.000 7	0.010 5	0.001 0	0.000 1	0.001 2
元素	Zn	As	Sb	Bi	Cd	Al	Cr	
含量	0.023 1	0.000 7	0.000 1	0.000 4	0.000 1	0.000 3	0.000 2	

2.3 金相检验

使用 OLYMPUS OLS5000 光学显微镜对试样进行金相检验。在失效后的阀垫中随机取一片碎片作为金相试样,将试样放在超声波清洗机中清洗干净,然后放在光学显微镜下观察,可以看出试样表面呈天蓝色,有很多点蚀坑(图 2)。

阀垫紫铜材料中含有大量的颗粒状 Cu_2O ,所以在氢气、一氧化碳等还原性气体与高温环境的作用下,发生了还原反应:

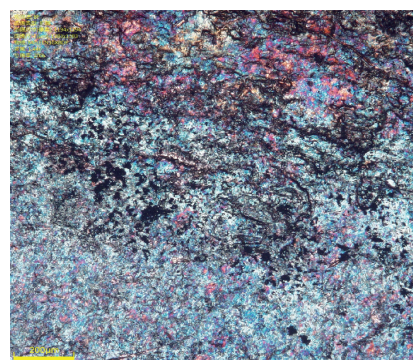
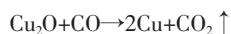
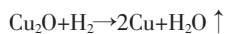


图 2 失效垫片的表面形貌

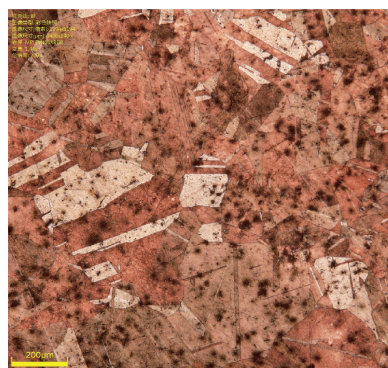


反应生成的水蒸气和二氧化碳不溶于铜,同时本身产生一定的压力以求析出,所以当压力大于金属本身强度时将引起材料沿晶界开裂,严重时肉眼可见表面产生的气泡。图3中失效后的阀垫碎片表面出现一条断断续续的气泡破裂线,这说明 Cu_2O 与还原性气体在高温下反应生成了水蒸气或二氧化碳,是产生裂纹的主要原因。

图4为阀垫失效前后的金相图片,可以看出,阀垫失效后比失效前的晶粒明显增大,说明在运行过程中阀垫经历了高温退火。



a. 失效前



b. 失效后

图4 阀垫失效前后的金相图片

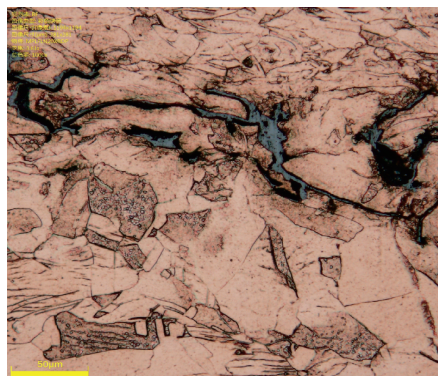


图5 失效后试样晶界裂纹金相图片

2.4 能谱分析

在失效后的阀垫试样上发现有一层黑色的腐蚀产物,如图6所示,使用S-250型扫描电子显微镜对它进行能谱分析,结果见表3,C元素的原

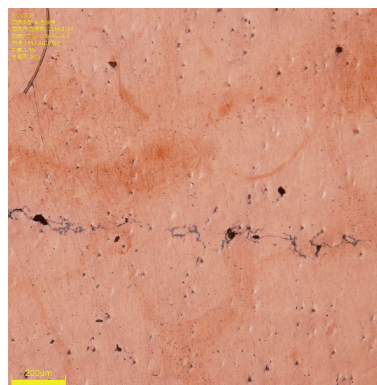


图3 失效阀垫表面的气泡破裂线

另外,在腐蚀后的阀垫上发现其晶界上存在很多裂纹,如图5所示,说明开裂是由铜的“氢气泡”引起的。

子数含量较高,其次是Cu原子,还含有少量的O、S元素和极少的Si、Ca、Fe元素。由于阀盖与阀座是由铸铁加工制造而成,所以C元素可能来自阀盖、阀座与阀垫摩擦,形成局部高温,从而使阀盖与阀座中的C元素石墨化析出。

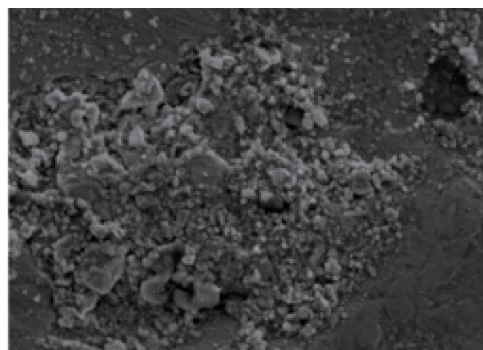


图6 黑色腐蚀产物照片

表 3 能谱分析结果 %

元素	重量百分比	重量百分比误差	原子百分比
C	29.35	0.57	63.20
O	4.03	0.19	6.51
Si	0.24	0.05	0.22
S	7.37	0.11	5.94
Ca	0.24	0.04	0.15
Fe	0.90	0.07	0.42
Cu	57.87	0.50	23.55

3 结论及建议

压缩机阀垫失效的主要原因如下:

a. 阀垫安装时存在安装间隙,造成阀盖与阀体间的多次循环挤压和气体腐蚀摩擦,从而使其尺寸减小、力学性能下降,同时使工作环境温度升高;

b. 紫铜具有“氢气病”,在高温、还原性气体环境中,紫铜中的氧化亚铜与还原性气体反应生成水蒸气和二氧化碳,水蒸气和二氧化碳不溶于铜同时产生一定的压力以求析出,当压力大于金属本身强度时将引起材料沿晶界开裂;

c. 当晶界开裂累积到一定量时,再受到一个较大的冲击力后阀垫将发生瞬间破碎。

根据阀垫的失效原因,提出以下建议:

a. 调整好阀盖与阀座之间的间隙,用顶丝将阀垫顶紧,防止出现循环载荷而引起疲劳破

坏;

b. 安装前将阀盖与阀座清理干净,防止存在磨料而引起摩擦磨损;

c. 如有必要,可将阀垫材料更换为含氧量更低的纯铜或其他金属材料。

参 考 文 献

- [1] 周洁.浅谈离心式空气压缩机的安全运行问题[J].中国科技期刊数据库 工业 C,2015,(15):67.
- [2] 王茂忠,侯柏岩,马勇.阀门常用垫片[J].阀门,2000,(2):37~38.
- [3] 李继峰.常用垫片材料特性及选用准则[J].中国特种设备安全,2008,24(8):49~52.
- [4] 吴堂荣,唐勇.低温阀门密封性能的研究与分析[J].阀门,2009,(2):26~28,38.
- [5] 吴宇.法兰连接中螺栓预紧力及垫片密封性的研究[J].炼油技术与工程,2006,36(7):45~48.
- [6] 任建民.金属缠绕式垫片的预紧应力分析及试验研究[J].润滑与密封,2003,(2):41~42.
- [7] 李彦林,杜增辉,叶晓东.垫片高温密封失效原因分析[J].发电设备,2003,17(6):27~28.
- [8] 刘洁,王强.阀用柔性石墨金属波齿复合垫片密封失效分析及改进[J].流体机械,2013,41(3):46~48.
- [9] 林猛.制氢装置空冷入口阀门垫片断裂原因分析[J].石化技术,2016,23(5):23~24.
- [10] 潘若飞,呼立红,王新凯.蒸馏装置减压渣油换热器入口阀门泄漏原因分析[J].中国设备工程,2016,(14):127~128.

(收稿日期:2019-12-12,修回日期:2020-09-07)

(上接第690页)

嘴,按照上述方法装入煤烧嘴。为避免煤烧嘴受到损坏,在外部管道配管时,一般也是使用烧嘴假件。

4 结束语

笔者通过具体事例和工程应用,对一种多喷

嘴结构的气化炉烧嘴盲板的定位安装方法进行了总结,该方法可节约安装时间、降低安装难度,可以作为同类型产品制造参考。

(收稿日期:2020-03-05,修回日期:2020-09-08)

欢迎来稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告