

高温离心泵泵体泄漏原因分析及处理措施

李帅亮

(中石化上海工程公司 上海 200000)

摘要: 使用介质温度超过 250℃的离心系统称为高温离心泵,在很多化工装置中大量使用,参照相关国外标准,该类泵型的过流部件多采用马氏体不锈钢(CA15),本文以某石化装置高温泵泵体泄露为案例,详细的分析其故障原因,提供了相关补救措施并取得了良好的效果,为其它类似设备出现的相关问题提供了处理预案及可参考文献。

关键词: 马氏体不锈钢; 补焊; RT 检测; 应力收缩

前言: 某石化公司加氢裂化装置高温液化气泵在巡检人员例行检查时发现泵体保温层处有烟雾出现,紧急联系设备员停车拆解保温设施检查,发现泵体上方出现泄露问题,现场紧急通知相关设备厂家到现场解决。

该泵设计数据如下

设备位号: P-P-209

设备型号:

EAP250-630

结构: 悬臂式

形式: 单级单吸

介质名称: 液化气

设备名称: 高温液化气泵

介质比重: 0.552

介质温度: 360℃

电机功率: 355kW

泵转速: 2980 rpm

额定/最大流量: 628m³/h

额定扬程: 128 m

问题反馈后,相关设备生产单位组织售后服务人员及时到达现场,了解情况后会同石化公司机动部、设备部相关人员协商确定进行现场处理,决定在设备现场对泵体进行补焊处理,同时联系石化单位无损检测部门对焊缝进行了 RT 检验,补焊完成后发现仍有较大残余缺陷。



图一 焊接照片

图二 射线检测照片

考虑到该设备为装置的关键设备,石化公司将检测处理结果第一时间反馈给制造单位,要求制造厂领导高度重视,第一时间委派单位技术总监赶赴现场指导维修,同时派出了项目销售人员联系铸件厂家技术人员协助处理。相关人员到达生产现场后,第一时间到现场查看、开会分析,以最快的速度为提供处理方案,并组织抢修处

理!

一、原因分析

通过首次维修过程描述和处理现场照片,以及拆泵后现场检查,泵体在靠近出口管处存在气孔、夹渣及裂纹缺陷,详见下图:



图三 焊接照片

图四 裂纹部位

结合第一次补焊过程中发现的问题,泵体产生裂纹的主要原因应该是铸件本身的铸造缺陷被外力诱发而产生的。所以铸件质量缺陷是这次事故的主要原因。

1.1、铸件气孔缺陷诱因:

➤ 浇注过程金属液流不稳定,局部形成紊流,形成卷入性气孔;

➤ 环境湿度大,型芯表层游离水分子未烘烤彻底,高温金属液浇注后局部区域发气量大,形成侵入性气孔;

➤ 高温金属熔融液体与空气长时间接触,形成的氧化物随温度的变化发生局部氧化还原反应,会在铸件内部形成氧化物气孔;

➤ 高温金属熔融液体与空气长时间接触,形成的氧化物随温度的变化发生局部氧化还原反应,会在铸件内部形成氧化物气孔;

1.2、铸造夹渣缺陷诱因:

➤ 经过高温熔炼的金属液,倒入浇包后,因翻腾、对流形成较多氧化物,未经多次除渣,浇注过程中虑渣不彻底,形成卷入性夹渣缺陷;

➤ 型芯经过液体高温包覆,局部产生反应性气孔,气体又对周围金属液进行二次氧化,伴随而生的夹渣缺陷。

1.3、裂纹缺陷诱因:

➤ 通过在拆除泵体过程中对泵体进出口、管路法兰对中检查来看,发现原管路法兰与泵体进出口法兰接口都有 4-6 mm 错位,法兰管路均为硬连接,泵体长期运行在管路应力的作用下,而且泵送介质

温度较高,高温导致应力作用力影响加剧,泵体变形更严重;

➤设备在现场运行过程为间歇性启停,且输送介质温度达 360℃左右,泵壳存在膨胀-收缩应力;

二、应急处理方案:

2.1 针对第一次焊接无损检测还存在缺陷,制造单位会同贵司相关部门共同协调再次补焊:拆卸泵体,清理掉第一次焊接的焊缝,PT 检查焊缝缺陷,泵体打磨直到没有裂纹。泵体内流道内有隔板的位置没有打磨通,焊接完成后由于无法打磨,所形成焊瘤在做 RT 时误判为是缺陷,将泵体相关部位打磨通透,然后泵体内腔采用电弧焊接,泵体外侧氩弧焊,焊好一层打磨后做一次 PT 检测,检测通过后再打磨清理 PT 药液,再焊下一层,最后一层再做一次 PT,并打磨光滑。然后做 RT 检测,分别在泵体内腔和外壁贴片。

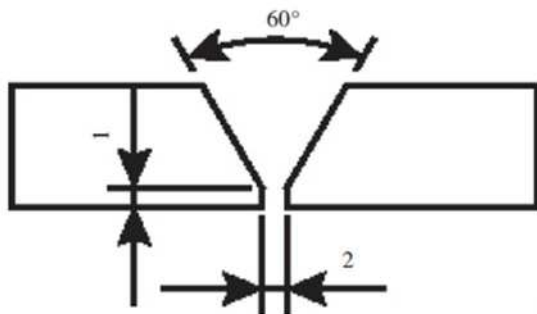
2.2 泵体主体材质为马氏体不锈钢,其焊接性能较差,需要加热后保温焊接奥氏体不锈钢材质,否则极易出现脆裂,这是补焊的难点,也是铸件缺陷修复成败的关键。

为了使焊缝的力学性能与泵体相匹配,一般都会选择与母材材质相同或相似的焊条。由于泵体已经加工完成,现场不具备进行热处理的条件,因此,不能选用与泵体材质相同的马氏体焊接材料。

泵体在焊前为退火状态,焊后并不需要做热处理。另外使用奥氏体焊接材料来焊接马氏体不锈钢,则所产生焊缝金属为奥氏体+铁素体的双相组织结构,这种焊缝金属具有高的氢溶解度,并能改善焊缝的伸长率和韧性,所以只要严格控制马氏体对焊缝的稀释,就能防止泵体主体材质的相变。因此可以通过选用奥氏体焊材来解决不能进行焊后热处理的问题。通常可以选用抗裂性能好的 E309-15 不锈钢焊条,其力学性能均高于上述对马氏体不锈钢的要求。

表一 焊接工艺参数

层	焊条直径/mm	焊接电流/A	焊接速度/(cm·min ⁻¹)
打底	3.2	90-100	8-10
中间层盖面层	4.0	120-150	10-12
封底	3.2	90-100	8-10



图五 坡口形式

2.2 按照上述工作完成后,RT 检测结果仍有微裂纹出现,经过制造单位及铸造厂的技术人员研判分析:本次检测结果缺陷应该是残

留打磨没有去掉残余的裂纹,不影响泵体使用性能。在此基础上对泵体现场进行 6.0Mpa 水压实验,保压三十分钟焊缝无泄露,判断该泵体可以长期投入使用。



图六 水压试验

图七 补焊照片

2.3、同时,为保障设备安全运行,生产单位紧急安排生产新泵体,要求严格按照时间节点完成制造,新泵体到达现场后建议及时更换,保障装置稳定运行。

三、后期使用注意事项:

后期泵体安装更换时要注意,泵体法兰对中要保证,密封面的间隙要合理,避免给泵体施加额外的作用力。运行前灌泵时按照高温泵的要求严格执行,要求每小时升温不超过 30℃,避免快速升温给泵体增加外力而导致铸件变形损坏;另外灌泵时每隔 30~40 分钟盘车 180 度,保证转子部件均匀膨胀,防止受热不均导致定转子磨损。为观测焊缝位置是否泄露,要求泵体保温层在焊缝处留出观察孔,增加观测时间或远程观测焊缝是否泄漏。

四、结束语

泵体修复后应装置要求火速投入使用,按照高温泵暖泵的要求逐步实施,设备投用后各项指标正常,其中最大振动值 1.2mm/s;作为重点设备检测运行状态,设备连续运行一个月,未发现补焊位置未见泄漏痕迹,修复工作圆满完成。

马氏体相变是导致焊接过程中产生冷裂纹的主要因素。采用奥氏体不锈钢焊接材料,控制泵体基体材质与填充金属的熔合比,能产生抗裂性能较好的奥氏体+铁素体双相组织。这样的焊缝焊后可以不进行回火热处理。通过此次泵体修复,及时解决了装置设备故障问题,为同类型故障提供了参考预案,另外这种修复工作可以在有条件的现场开展,时效性更高,值得推广。

参考文献

- 【1】关醒凡.现代泵技术手册[M].北京:宇航出版社,1995.
- 【2】刘振军,徐得昆.不锈钢焊接及质量控制技术[M].北京:化学工业出版社,2008.
- 【3】朱友庭,曲文海,于浦义.化工设备设计手册[M].北京:化学工业出版社,2005.
- 【4】黄云贵,杨峰.12Cr13 马氏体不锈钢的焊接工艺[J].工艺与新技术,2016(12):45.