

常见典型压力容器腐蚀形态及解析

石 岩, 张会东

(长春特种设备检测研究院九台特种设备检验所, 吉林长春 130500)

摘 要: 金属受周围介质的作用而损坏称为金属腐蚀。金属腐蚀现象非常普遍, 属于一种不可抗拒的自然现象, 分析了典型压力容器腐蚀原因。采取合理的预防措施, 可减缓压力容器的腐蚀, 延长使用寿命。

关键词: 腐蚀; 实例; 预防

中图分类号: TG174 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6490 (2021) 10-0080-02

Analysis of Common Corrosion Forms of Pressure Vessels

Shi Yan, Zhang Hui-dong

Abstract: The damage of metal by the surrounding medium is called metal corrosion. Metal corrosion is very common, and it is an irresistible natural phenomenon. The reasons for the corrosion of typical pressure vessels are analyzed. Taking reasonable preventive measures can slow down the corrosion of the pressure vessel and prolong the service life.

Key words: corrosion; examples; prevention

1 腐蚀种类

从腐蚀原理上把金属的腐蚀可分为化学腐蚀、电化学腐蚀、物理腐蚀。

1.1 化学腐蚀

金属表面与周围环境非电解质发生纯化学作用而引起的腐蚀损伤, 其反应历程特点是腐蚀在金属表面上, 腐蚀过程中有电子得失但没有电流产生, 腐蚀产物生成于发生腐蚀反应的表面。

1.2 电化学腐蚀

金属表面与离子导电的电介质发生化学作用而产生的破坏。电化学腐蚀不只是发生在两种材料之间, 材料内部的化学与物理不均匀性如成分偏析、焊接、冷加工变形等可导致材料中产生电位差, 形成电化学腐蚀。

1.3 物理腐蚀

是指金属由于单纯的物理作用所引起的破坏, 许多金属在高温熔盐、熔碱及液态金属中可发生此类腐蚀。

2 常见典型压力容器腐蚀形态及解析

1) 压力容器的腐蚀是由于容器受到内部物料介质及外部环境介质的化学或电化学(包括机械因素共同作用)而发生的破坏。腐蚀破坏是压力容器失效最常见的形式之一。容器内部的介质很多具有腐蚀性, 并常常伴有高温、高压、有毒和磨损等工况条件, 最容易发生破坏事故。在检验过程中失效最多的失效形式为: 应力腐蚀开裂、氢腐蚀和高温氢损伤、渗碳、脱碳、腐蚀疲劳等。下面有两个具体实例为常见典型压力容器腐蚀形态及解析。例1, 某厂一台储罐用于存储浓度在99.8%以上的液氨, 其主要技术参数如表1所示。

表1 主要技术参数

主体材质	16MNR
腐蚀余量/MM	2.0mm
设计压力	2.4MPa
设计温度	50℃
最高工作压力	2.0MPa
最高工作温度	40℃
介质	氨液
热处理状况	无
制造日期	2008.6
投用日期	2009.8

收稿日期: 2021-07-16

作者简介: 石岩(1976—), 女, 吉林长春人, 工程师, 主要研究方向为机械工程。

2) 在2017年4月进行定期检验时发现存在以下问题:

(1) 液位计接管与封头角焊缝沿熔合线开裂, 其长度已超过角焊缝长度的1/3, 深度超过5mm。(详见裂纹示意图A、图B)。



A图 B图

图1 裂纹示意图(A, B)

(2) 该液位计管口采用了厚壁管插入式整体补强的结构。接管厚度为30mm, 且管端切割不规则, 焊接外观较差; 由于管理及操作不当, 在装卸液氨的过程中, 软管多次发生泄漏, 部分阀门也因腐蚀原因出现氨气泄漏的状况, 故气相空间残存少量空气。根据以上检验中存在的问题得出相应解析为:

①因该容器盛装液氨, 液位计接管处发生开裂的最大可能性的原因是氨应力腐蚀。氨应力腐蚀开裂是指碳钢和低合金钢在无水液氨中或铜合金在氨水溶液和/或盐水溶液环境中的应力腐蚀开裂。

②残余应力越大氨应力腐蚀开裂敏感性越高。一般来说含水量低于0.005%(质量分数)大于0.2%(质量分数)时开裂敏感性降低。

③温度低于-5℃时氨应力腐蚀开裂几乎不会发生。由于氨储罐中储存的是近似于无水液氨, 含水浓度不高于0.2%, 且在常温下保存, 管理与操作不当使部分空气混入增加了开裂的敏感性; 同时由于该接管焊接质量差, 形成应力集中现象。在焊接残余应力的共同作用下导致该容器在该部位出现氨应力腐蚀开裂。对于碳钢而言, 无水液氨对碳钢只产生轻微腐蚀且为均匀腐蚀。而此液氨储罐在装卸的过程中, 软管多次发生泄漏, (气相空间残存少量空气) 而空气中的CO₂, 促进氨对碳钢的腐蚀。化学反应如下: 2NH₃+CO₂→NH₄CO₂NH₂(氨基甲酸铵); NH₄CO₂NH₂→NH₄⁺+CO₂NH₂⁻; O₂+2NH₃+2Fe→2Fe²⁺+2OH⁻+2NH₃; 因焊缝处残余应力较高且反应中的氨基甲酸铵对碳钢又有强烈的腐蚀作用从而使钢材表面的钝化膜产生破裂形成应力腐蚀, 在焊缝金属和热影响区产生裂纹。预防措施: 加

强管理，由专业人员进行操作。

3) 例2, 某炼油厂异构化装置的碱洗塔主体材料为20#, 主要设计使用参数如表2所示。2014年投用, 使用4个月注碱(NaOH)溶液开管焊缝处发生开裂。经宏观检查发现焊缝裂纹周围有白色的垢物残留, 裂纹起裂点位于焊缝内表面, 沿着接管厚度和焊缝环向扩展, 最终穿透壁厚在接管外面的焊缝和熔合线上产生宏观裂纹, 缺陷如图2所示。根据装置生产记录, 该注碱口温度80~130℃ 碱度为30%。

表2 主要技术参数表

容器类别	I类
主体材料	20#
主体直径/mm	1000
腐蚀裕量/mm	2
设计压力/MPa	0.4
设计温度/℃	160
最高工作压力/MPa	0.35
最高工作温度/℃	150
介质	无
热处理状况	水蒸气、燃料气、碱等
制造日期	2014.1
投用日期	2014.8

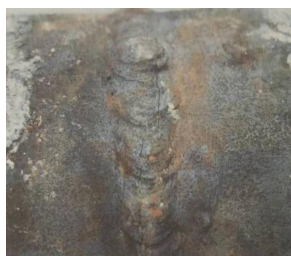


图2 宏观检查照片图

4) 根据现状分析该容器的损伤模式为碱应力腐蚀开裂。因该碱洗塔介质含有较高浓度的碱和水蒸气, 且管道主体材料为碳钢, 又没有热处理, 故产生碱应力腐蚀开裂。金属在碱液中的应力腐蚀破裂称碱脆, 它也是一种表面起始开裂的应力腐蚀开裂形式。设备中容易发生NaOH富集浓缩的地方尤其容易出现碱脆。碱脆裂纹的特点是形态一般呈蜘蛛网状的, 数目多, 部位在局部应力集中的焊接缺陷处。该碱洗塔材质为20# 裂纹主要是沿晶型的, 裂纹细小并组成网状, 内部常充满氧化物, 如图3和4所示。导致碱应力腐蚀开裂有三要素:

(1) 管道焊接后, 焊缝未经任何热处理, 可能存在很大残余应力。

(2) 碱液是碳钢发生应力腐蚀的敏感介质, 当碱液浓度

超过5%时可发生开裂(本装置碱浓度为30%), 随着碱浓度升高, 开裂敏感性增加。

(3) 碳钢在碱液中开裂的临界温度为60℃, 随着温度升高开裂敏感性增加。预防措施:

- ①加强管理, 返修后可进行焊后热处理。
- ②选用采用镍合金代替碳钢。
- ③避开温度和浓度敏感范围, 如增加缓蚀剂等。



图3 焊缝横向裂纹金相100X(裂纹沿着近熔线焊缝一侧向外表面延伸, 严重处已贯穿)



图4 焊缝横向裂纹金相400X(裂纹曲折向焊缝外面发展, 呈沿晶开裂, 裂纹中充满氧化物, 金相组织为珠光体+铁素体, 柱状晶与等轴晶相间排列, 等轴晶晶粒细小, 在8级以上)

3 结束语

在检验常见典型压力容器的过程中, 要结合实际情况, 运用合理的检验方法检验。对固定式压力容器所用材质及盛装介质进行科学分析, 了解介质的腐蚀性, 对典型腐蚀环境下的材料损伤机理进行初步判断。进而采取合理的预防措施, 减少在用压力容器的腐蚀, 延长压力容器的使用寿命。

参考文献

- [1] 龚敏金属腐蚀理论及腐蚀控制[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [2] 杨德钧金属腐蚀学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2003.
- [3] 承压设备损伤模式识别: GB/T 30579—2014[S].
- [4] 潘建农金属材料与热处理[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2009.
- [5] 王笑天金属材料学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2001.

(上接第75页)

确保罗茨流量计的应用安全, 发现故障或异样要及时排查故障, 出现严重问题及时返厂修理或更换, 只有这样才能够提高罗茨流量计的使用安全水平, 因为无论是石油化工, 还是天然气领域, 使用罗茨流量计都涉及安全问题, 任何轻微故障都可能会带来巨大的危害和隐患, 所以提高罗茨流量计的应用水平, 降低维护周期势在必行。

4 结束语

通过对罗茨流量计性能及工作原理的介绍说明, 可有效避免在生产运行过程中发生一系列问题, 提高生产运行效率, 为以后工作夯实基础。

参考文献

- [1] 何艳君, 陈凯. 气体罗茨流量计计量准确性的影响原因分析[J]. 信息记录材料, 2018(1): 8.