

常见典型压力容器腐蚀形态及解析

王敏智

金华市特种设备检测中心 浙江金华 321015

摘要: 金属腐蚀是一种很常见的不可抗力的自然现象,周围介质对金属的破坏,当被腐蚀时,它会严重威胁化学工业设备的安全运行,分析常见压力容器腐蚀的原因。采取合理的预防措施可以减缓压力容器的腐蚀,延长其使用寿命。

关键词: 压力容器; 腐蚀; 控制; 分析

引言:

压力容器作为石油、化工、电力等行业不可缺少的设备,在工业生产中发挥着重要作用。同时,压力容器的工作条件常为携带高温、高压和腐蚀性介质。因此,使用条件比较苛刻,容易发生腐蚀损坏。所谓腐蚀损伤,是指压力容器的材料(多为金属)长期暴露在腐蚀性介质中,导致压力容器厚度减小、材料开裂、机械性能降解的一种损伤形式。腐蚀损坏容易发生事故,有时甚至是灾难性的。腐蚀造成的经济损失每年占我国GDP的3%以上。由此相关组织还特别设置了“世界腐蚀日”。

一、常见压力容器腐蚀类型

1. 按腐蚀原理分类

(1) 物理腐蚀

是指纯物理作用对金属的破坏,许多金属在热熔盐、熔碱和液态金属中经受这种腐蚀。如果容器内的物质与容器的材料发生反应,就会发生压力容器的腐蚀,往往会影响压力容器的稳定性。压力容器的物理腐蚀不同于化学腐蚀和电化学腐蚀,腐蚀主要是由不同性质的物质发生反应引起的^[1]。

(2) 化学腐蚀

化学腐蚀由金属与其接触的材料之间的直接化学反应引起的腐蚀。金属在有机介质中的腐蚀属于化学腐蚀,纯化学腐蚀的例子很少,但由于介质中含有少量的水,这种腐蚀往往转化为电化学腐蚀。

(3) 电化学腐蚀

电化学腐蚀是化学压力容器腐蚀中最常见的腐蚀,腐蚀现象实际上是原电池短路的结果,这种原电池短路称为腐蚀电池。此外,由于阴极和阳极之间的短路(通常是通过金属基体),电池腐蚀反应释放的化学能对外界无益。

2. 按腐蚀破坏形态分类

(1) 均匀腐蚀(全面腐蚀)

均匀腐蚀是指由于均腐蚀匀,使压力容器的外壁和

封头变薄,最终强度不够,故报废的现象。

(2) 局部腐蚀

局部腐蚀是在压力容器表面局部发生的腐蚀。由于它们面积小,不易发现,腐蚀速度也不受控制,对容器的危害更大。根据腐蚀机理,局部腐蚀可分为:点腐蚀、缝隙腐蚀。

(3) 应力腐蚀

应力腐蚀是一种缩短设备寿命的现象,在没有任何明确警告的情况下突然破裂,造成的损坏是致命的、非常有害的腐蚀。

(4) 晶间腐蚀

晶间腐蚀是从金属表面沿颗粒间界面腐蚀到金属内部的现象。从冶金学的微观角度来看,当奥氏体钢经受等于升高或降低温度条件的热处理时,金属由沿晶界沉淀的碳化物组成。

二、常见典型压力容器腐蚀形态及解析

1. 压力容器的腐蚀

应力腐蚀引起的破坏一般为低应力脆性断裂,断裂前几乎没有塑性变形。容器的金属材料在应力和特定介质环境的共同作用下,产生低于金属材料强度极限的脆性断裂。压力容器还受环境因素的影响,在加工和使用过程中更容易受到酸、碱、水、氧化等不利因素的影响。当压力容器处于相对恶劣的环境中时,就会有更多的不利因素影响压力容器的稳定性,导致压力容器发生不同程度的腐蚀。

2. 案例分析

某厂的储罐用于储存99.8%以上的液氨,主要技术参数见表1。

在2017年4月定期检查中发现以下问题:

液位计喷嘴与头部之间的角焊缝沿熔合线开裂,长度超过角焊缝长度的1/3,深度大于5mm。液位计喷嘴采用厚壁管插入式整体加固结构,连接管壁厚30mm,管端

表 1

主体材质	20MNR
腐蚀余量/MM	3.0mm
设计压力	2.6MPa
设计温度	60℃
最高工作压力	4.0MPa
最高工作温度	45℃
介质	氨液
热处理状况	无
制造日期	2017.5
投用日期	2018.6

切割不规则,焊缝外观差;在装卸液氨过程中,软管因保养和操作不当多次漏气,由于腐蚀部分阀门也出现漏氨状况,从而气象空间中留有少量空气。

3.压力容器腐蚀解析

(1) 由于容器中含有液氨,液位计喷嘴开裂的最可能原因是氨应力腐蚀。氨应力腐蚀开裂是指碳钢和低合金钢在无水液氨或铜合金中与氨溶液和/或盐溶液环境中发生应力腐蚀开裂。

(2) 残余应力越大,氨应力腐蚀开裂敏感性越高。通常,含水量低于0.005%(质量分数)和大于0.2%(质量分数)会降低裂纹敏感性。

(3) 当温度低于-5时,氨应力腐蚀裂纹几乎不发生。氨气储罐储存与无水液氨相似,所以含水量小于0.2%,而且是常温储存,只有当保养和操作不当,会混入一些空气,更容易开裂。由于时间长了,管子的焊接质量差,形成了应力集中现象。焊接残余应力的综合作用导致容器在该区域出现氨应力腐蚀开裂。对于碳钢,无水液氨对碳钢的腐蚀作用很小,属于均匀腐蚀。在液氨储罐装卸过程中,软管多次泄漏(空域内残留少量空气),空气中的CO₂促进了氨对碳钢的腐蚀。

三、常见压力容器防腐蚀的控制措施

1.选择合适的耐腐蚀材料

压力容器的设计和制造必须通过有关部门规定,并由相关资质认证的单位制造。设计化工容器时,必须严格按照GB150和010310标准,选择能够最大限度地减少应力集中的材料,从而减少产生裂纹和腐蚀的发生,降低造成腐蚀性介质的积聚,同时要注意设备金属的组织结构焊接和做工。可以选择合适的耐腐蚀材料来抵抗压力容器的大气腐蚀。例如,可以在钢中加入少量的铜、铬、钛等合金元素,以提高低合金钢的耐腐蚀性能。该措施的主要目的是提高铁层的连续性、刚性和附着力,

降低腐蚀进展速度,达到腐蚀控制的效果。

2.选用缓蚀剂

缓蚀剂可以防止或减缓设备腐蚀的化学品,只要金属表面的添加量从千分之几到百万分之几,即使在个别情况下也只需要该量的百分之几。金属材料原有的物理机械性能不仅可以保持,而且还不会发生改变,可以显著降低甚至将金属材料在某些介质中的腐蚀速率为零,其良好的防腐效果和使用缓蚀剂具有较高的经济优势,常用于压力容器的防腐技术中。

3.加强后续的维护

压力容器防腐工作要求相关人员对压力容器进行有效的售后维护,定期对压力容器进行检查,及时发现和排除存在的问题,防止压力容器损坏。相关工作人员还应关注压力容器的应力腐蚀现象,提高专业技能水平,分析压力容器的腐蚀因素,找出腐蚀原因,采取具体有效的措施对压力容器进行改进。实现压力容器的长期维护,确保压力容器具有更长的使用寿命、更高的稳定性和安全性。

4.电化学保护

电化学保护是指利用电化学原理,使腐蚀电池的金属元素成为负极,以达到防止或减少金属腐蚀的目的,一般有牺牲阳极保护法和外加电流法两种。牺牲阳极保护法是指将电极电位比压力容器中的金属低的铝、锌、合金等作为阳极并固定在被保护金属上形成腐蚀电极的方法。外加电流法常用于土壤和河水金属设备,这意味着使用与屏蔽金属不同的附加电极作为电池的正极,使用屏蔽金属作为阴极受外部直流点的作用阴极得到保护。

四、结语

在对常见典型的一般压力容器进行检验时,应结合实际情况采用合理的检验方法。对固定式压力容器所用材料和介质进行科学分析,了解介质的腐蚀特性,初步判断常见腐蚀环境下材料损坏的机理。然后采取合理的预防措施,减少压力容器在使用中的腐蚀,延长压力容器的使用寿命。

参考文献:

- [1]范凯.探讨化工压力容器的防腐蚀措施控制[J].化学工程与装备,2011(11):75-77.
- [2]王天曜,李敞,刘文强.几种常见的压力容器腐蚀类型及防护措施探究[J].清洗世界,2020,36(5):12-13.
- [3]宋诚.浅谈压力容器的腐蚀分析及防护措施[J].中国石油和化工标准与质量,2013(21):38-38.