

化工设备换热器的常见腐蚀与防腐研究

张 锋 杨欢欢 (中国化学赛鼎宁波工程有限公司, 浙江 宁波 315012)

摘要: 随着社会经济的持续发展, 对化工产品的需求量不断增加, 越来越多的生产线设备运行超出设计能力。因此, 对于现阶段的化工企业, 应避免由于腐蚀而引起的故障导致停车停产。许多权威专家认为, 材料保护和防腐对策是降低维护成本并确保加工厂安全平稳运行的关键。本文讨论了化工设备中常见的换热器腐蚀和防腐问题, 着重分析是换热器的总体效率低下的原因。在此基础上, 总结了换热器的腐蚀防护措施, 为此, 针对不同的原因必须采取相适应的防腐蚀措施。

关键词: 换热器; 腐蚀原因; 防腐措施

换热器广泛用于石油化工设备, 能源化工, 盐化工和电厂等工业生产系统中。在生产过程中, 由于换热器管理涉及的材料非常复杂, 因此通常具有高温、高压、高流量、强腐蚀等特点。因此经常会发生冲洗漏水和强腐蚀, 泄漏不仅影响制造的稳定运行, 而且成为该领域关键设备的故障之一。

1 化工设备换热器常见腐蚀问题

1.1 磨损腐蚀

换热器的表面层经常被损坏和腐蚀, 这意味着在金属结构的表面和被蚀刻的物质之间存在较大的相对速度, 这导致预制构件的部分表面的严重腐蚀和破坏。引起腐蚀和破坏的流体物质可以是蒸气或液体, 也可以是固体颗粒和蒸气气泡。因为化工厂生产中的物质通常具有粘性。为了防止物料结垢, 物料水流速通常设置为超过 1m/s。特别是在用固体细砂和蒸气气泡快速冲洗金属材料的导热表面时, 部分表面的工作压力迅速增加, 最终使金属表面产生疲劳溶解。

1.2 电化学腐蚀

由于材料流动性的保持和不均匀性, 换热器的表面层非常容易积聚。堆积物具有不连续, 不均匀和不足的特征, 这又促进了金属表面上的空隙和缝隙的形成, 由于缝隙内部和外部的 CO_2 差异, 导致了电化学反应。电化学反应包括金属材料的熔化, 阳极氧化处理反应和负极氧化反应。另外, 间隙内部和外部的光电催化特性不对称, 因此总蚀刻面积将继续扩大。

1.3 应力腐蚀

除了地应力, 内应力和侵蚀的三重作用外, 它还可能引起晶间腐蚀, 进而使换热器原料破裂, 并危害换热工作。晶间腐蚀分为两类: 一类是阳极氧化熔化, 另一类是氢诱导的开裂。腐蚀的基本原理是在地面应力和腐蚀材料的作用下, 传热表面上的空气氧化膜由于腐蚀而被破坏, 损坏的总面积和未损坏的总面积区域分别产生阳极氧化和阳极, 阳极氧化金属材料变成正离子并氧化, 导致电流流向负电极。

1.4 氧腐蚀

在严格的实践意义上, 氧蚀刻也是一种电化学反应, 但是由于换热器的机械和设备会接触水, 金属材料的抗

压强度会受到严重破坏, 因此讨论是独立进行的。氧蚀刻的基本原理是: 铁的电极电位始终低于氧的电极电位。因此, 在经铁氧蚀刻的可再充电电池中, 铁被阳极氧化, 因此遭受腐蚀。氧蚀刻的形状通常主要表现为: 溃疡和小孔局部蚀刻, 并且蚀刻的材料主要是黄棕色, 灰黑色和锈红色。

1.5 低温腐蚀

烟尘废热回收换热器安装在加热炉的末端, 当烟尘进入换热器时, 温度将逐渐降低。通常情况下, 燃煤蒸汽锅炉空气预热器的进出口处的冷凝水不易发生, 而是由于烟气中含有酸性气体 (关键是硫酸盐和氮氧化物) 和灰尘, 酸香精出现的可能性大大增加。当换热器的金属材料的边界层的温度低于烟气中酸性气体的水分含量时, 烟气和含硫酸酐的水蒸气将在边界层中凝固, 从而导致管道结垢。被侵蚀。由于尾部热表面部分的壁厚和烟气温度较低, 因此这种情况也称为超低温腐蚀。

2 换热器失效原因

2.1 换热器表面的腐蚀磨损

蚀刻材料与金属结构表面的相对速度非常高, 从而导致预制组件的某些表面被腐蚀严重损坏。这种侵蚀称为磨损侵蚀, 通常称为磨损。引起腐蚀和破坏的流体物质可以是蒸气, 液体或固体颗粒, 带有气泡的蒸气等。破坏腐蚀是高速液体在机械表面上已经转化为金属的设备清洗作用的结合与腐蚀材料和新暴露的金属表面的腐蚀效果。因为石油化工设备中的制造物质通常具有一定程度的附着力。为了更好地避免物料沉积和结垢, 规定物料水流量应超过 2m/s。高速液体, 尤其是带有固体细沙和蒸气气泡的高速液体, 会清洗导热表面, 使部分表面的工作压力达到数十兆帕, 进而导致疲劳和腐蚀金属表面。尽管在设计中, 为了更好地防止管道在液体进入外壳时直接损坏或冲洗管道, 在外壳入口处的防护装置上安装了防污板, 但是由于长期使用, 冲洗液体或固体颗粒, 可以防止打孔板也会造成损坏。损伤和腐蚀的外部特征通常显示出椭圆形凹槽或凹谷的出现, 其通常根据液体流动性的方向进入金属表面。

2.2 沉积物造成的电化学腐蚀

尽管换热管中的物料通常需要快速的水流, 但是当

物料接近工作完成时,水流会变慢或管中的物料相对较厚,通常会累积一定量的积聚物在传热管中。在传热管中的这种积聚的表层没有牢固地粘附并且不均匀地散布。在某些部位很容易产生空隙,并且这种空隙的氧值与空隙外部之间存在一定的差异,导致电化学反应的某些部位,例如阳极氧化处理反应,负极氧化反应等,这种电化学腐蚀会引起管子金属表面的腐蚀,这通常会导致严重的状况。另外,腐蚀的存在还导致接缝的内部和外部电化学腐蚀不均匀,从而导致更高的腐蚀,对换热器造成更大的损害。

2.3 换热管内水流引起的腐蚀

在换热器中,水通常用作物料交换管中产生的热量,因此,由传热管中流动的水引起的洗涤和腐蚀也更为常见。通常,排水的 pH 值稳定不会对换热管造成腐蚀,但是当水的 pH 值降低或水中溶解氧或水中存在有害阳离子时(Cl^- , s 等)。此时,这些元素将导致管中的金属材料壁发生反应,进而引起电化学反应。因此,在选择散热管时,除了规定防腐蚀表面层具有优异的粘附性之外,还使沉积物均匀地粘附,高传热,耐高温等;还必须具备耐化学离子侵蚀能力和一定的阻垢力,以应对水流带来的侵蚀。

3 换热器腐蚀防护

3.1 阴极保护法

①碳素钢的电化学反应。碳素钢在酸和碱溶液(如水)中会产生微型可充电电池。碳素钢的基本合金成分是铁素体(Fe)和渗碳体(FeC),其中铁素体的电极电位低,成为微型可充电电池的阳极氧化,渗碳体成为负极;②阴极保护保障法。当发生电化学反应时,在阳极和阴极之间产生腐蚀电流。选择电极电位低于耐腐蚀体的金属材料并进行触摸,然后使用低电位差金属材料的腐蚀电流作为高电位耐腐蚀体的腐蚀电流。碳素钢的基本合金成分是冶金结构(Fe)。从表中发现该材料低于 Fe 标准电极电势。如果选择铝进行阳极氧化,则很容易产生空气氧化膜,但不会引起腐蚀电流。其他原材料更昂贵,因此选择锌作为阴极保护材料更为合适。

3.2 换热器防腐涂料及其应用

一层相当薄的金属材料涂层和无机材料涂层可以在金属材料和环境之间显示合理的屏障。这是此类涂层的主要功能(牺牲锌这类涂层除外)。金属材料涂层(或镀层)的施工方法包括:电镀工艺,火焰喷涂,涂层电镀,热浸和气相电镀。无机涂料的工程施工方法包括:喷涂,渗镀或有机化学转化。涂漆后,通常在高温下烘烤。CH-784 防腐材料是环氧树脂羟基建筑涂料。它的特点是:良好的耐腐蚀性,对大多数强酸和强碱的耐受性,耐湿性,耐水洗性,耐高温达 200°C ;漆层的物理性能好,强度大,表面光滑,附着力强,耐冲击和耐摩擦。因此,针对水中的不溶物的滑动摩擦力小,污物和残渣被流体冷却循环水带走,不易附着在壁厚上。涂料层具有显着的防腐和防垢作用;CH-784 防腐材料面漆为金

属材料色浆,传热系数大,漆膜厚度为 $80\sim 250\mu\text{m}$ 。漆膜的传热系数仅为 $1.66 \times 102\text{m/h}^\circ\text{C/kcal}$,不生锈也不结垢,增加了水的流速,提高了实际的传热效果。由于水体的侵蚀,许多加工厂改用不锈钢板,合金铜和铝合金换热器,但项目成本昂贵。用碳钢换热器涂覆防腐涂层仅需花费 $1/4$ 至 $1/5$ 的不锈钢板式换热器和 $1/11$ 的钛换热器。使用寿命可以达到十年。

3.3 CH-784 防腐材料及应用

CH-784 防腐材料的研究与开发。CH-784 防腐材料是环氧树脂胺基建筑涂料,它的特性是:强酸和强碱,耐酸和碱,耐湿性,耐洗涤性,耐高温,耐磨性,传热,抗冲击性,坚硬而光滑,耐水蒸气性和良好的附着力。热干型,耐高温 $150\sim 200^\circ\text{C}$,CH-784 建筑涂料为单一包装,便于工程施工,加热和干燥,可制成浅色涂料。通常,使用 609 或 607 环氧树脂,并且环氧树脂和氨基环氧树脂的组成为 7:3。

3.4 施工工艺要求

①设备的喷砂除油处理,使金属材料露出本来的颜色;②涂层的厚度——换热器的涂层的厚度是一个重要的指标值,它既可以达到防腐目的,又可以达到热量增加的要求。通常,涂层的厚度为 $80\sim 250\mu\text{m}$ 。如果漆膜太厚,会损害导热性,漆膜会变脆;③工程施工方法多数为均热式或以换热器本身为外壳,泵循环系统包覆管内腔,均热法用于管外壁;④涂装频率为 2 层面漆,4 层涂料,每层厚度为 $25\sim 40\mu\text{m}$;⑤加热方法——涂层表面干燥后,进入干燥室进行加热干燥。将温度从 80°C 逐渐升高,缓慢升高至 160°C 并控制温度 1h,然后当然降低温度;⑥漆膜质量规定光滑清洁,无黑点,针孔,裂缝,漏涂,厚度均匀。

综上所述,在所有化工企业设备中,换热器的蚀刻形态都比较接近,因此蚀刻的类型可分为:沉积物引起的电化学反应;负载地应力,内应力引起的晶间腐蚀;人口中的水流率相对较高磨损腐蚀;溶解氧侵蚀和材料问题。另外,根据换热器的腐蚀情况和现场的实际条件,选择不同的防腐对策。只有不断吸收经验,特别是在防腐水平上普遍选择新经验和新方法,加深对腐蚀的认识,才能逐步找到合理,经济的防腐对策,以确保化工生产的稳定正常运行。

参考文献:

- [1] 王赢利,王建生.炼油厂电脱盐换热器腐蚀失效分析[J].机械工程材料,2018,32(1):56-57.
- [2] 都跃良.镇海炼化炼油装置换热器腐蚀防护技术评述[J].腐蚀与防护,2015,26(3):28-29.
- [3] 钱伯章.聚脲为化工防腐实现历久弥新[J].石油化工腐蚀与防护,2009(6).
- [4] 马勇.化工管道腐蚀的机理及防护措施[J].辽宁化工,2010(2).
- [5] 张慧.高温高压临氢换热器腐蚀原因与修复[J].石油和化工设备,2010(2).