

化工机械设备的腐蚀原因及防腐措施

邹 晔

中国航空气动力技术研究院 北京 100074

摘要: 化工机械设备是化工生产中的重要组成部分, 然而由于化工生产环境的特殊性质, 这些设备往往会受到不同程度的腐蚀而导致安全隐患和生产效率下降。因此, 深入研究化工机械设备的腐蚀原因及防腐措施, 对于提高化工生产安全和效率具有重要意义。本文旨在探究化工设备腐蚀的原因和分类, 提出几种行之有效的防腐措施, 为化工生产提供参考。

关键词: 化工机械设备; 腐蚀原因; 防腐措施

Chemical machinery and equipment corrosion causes and anti-corrosion measures

Ye Zou

China Academy of Aerospace Aerodynamics, Beijing 100074, China

Abstract: Chemical machinery and equipment is an important part of chemical production, but due to the special nature of the chemical production environment, these devices are often subject to different degrees of corrosion and lead to safety hazards and reduced production efficiency. Therefore, in-depth study of chemical machinery and equipment corrosion causes and anti-corrosion measures, to improve the safety and efficiency of chemical production is of great significance. The purpose of this paper is to explore the causes and classification of chemical equipment corrosion, and put forward several effective anti-corrosion measures to provide reference for chemical production.

Keywords: Chemical machinery and equipment; Corrosion causes; Anti-corrosion measures

一、化工设备的腐蚀原因

1. 化学腐蚀

化学腐蚀是化工设备腐蚀的主要原因之一, 它主要是由于设备与工作环境中的化学物质接触所引起的。不同种类的化学物质对各种材料的腐蚀作用不同, 因此化学腐蚀是一个广泛而复杂的领域, 需要综合考虑多种因素。

化学腐蚀的机理是在化学反应的过程中, 物质在与设备表面接触的时候会发生氧化、还原、酸碱中和等反应, 从而使设备表面发生不可逆的化学变化。具体而言, 化学腐蚀主要分为无溶剂腐蚀和有溶剂腐蚀两种类型。

无溶剂腐蚀是指直接接触的化学物质对设备表面的不可逆反应。这可能是酸性物质、碱性物质, 或根据设备制造材料的不同而质量样式不一的强化合金。

有溶剂腐蚀是指设备表面与液体或气体的接触中, 一种或多种溶剂被吸附在设备表面, 然后发生化学反应。这类腐蚀的类型包括普通的腐蚀、脱层、氢脆以及裂纹

腐蚀等, 其防护措施也有所不同。

2. 电化学腐蚀

电化学腐蚀是指金属表面在电化学环境下, 在阳极区遭受氧化, 导致金属离子向介质中析出并溶解, 从而形成腐蚀现象。电化学腐蚀是化工设备腐蚀的一种常见形式。

电化学腐蚀的发生和深度其实与电化学反应的热力学过程有关。在电化学环境下, 如酸性介质、碱性介质、盐水介质等中, 由于阳极和阴极的存在, 形成了电池。当阳极与阴极之间的电位差大于渗透电位或脆化电位时, 金属的阳极区就会发生氧化反应, 发生电化学腐蚀。

电化学腐蚀的发生对金属的腐蚀速度有着非常大的影响, 其发生机理相对来说比较复杂。在化工设备中处于阳极区的部分, 如焊缝、空穴和毛刺等对电化学腐蚀的侵蚀威力较大。因此, 在化工设备生产中, 应该尽量避免阳极区域的形成。

3. 高温氧化腐蚀

高温氧化腐蚀是一种高温下金属表面氧化形成氧化物的化学反应。在高温环境下，金属表面与气体、蒸汽或液体中的氧发生反应，形成一层厚厚的氧化物，导致设备的温度降低、失去抗腐蚀性能，并最终导致设备的老化和损坏。高温氧化腐蚀最常见的发生于炉管、炉壁、锅炉及热交换器等高温设备中。

金属在高温氧化腐蚀过程中，其氧化物的生成具有一定的规律。通常情况下，金属氧化物的生成速率随着温度的升高而增加，氧化物的生成量也随之增多。此外，金属之间的不同化学性质也会影响高温氧化腐蚀的氧化物生成和金属本身的抗腐蚀性能。高温氧化腐蚀是化工机械设备中常见的一种腐蚀方式，对于设备的维护和保养至关重要。采取合适的防腐措施可以延长设备的使用寿命，保障生产过程的顺利进行。

二、化工设备的腐蚀分类

1. 组织腐蚀

组织腐蚀是指金属内部或组织结构的局部破坏。组织腐蚀的形成是由于金属材料在高温或高压介质中发生离子交换，从而导致金属内部的化学成分发生变化。这些变化引起了微小的局部电化学反应，并最终导致金属组织的破坏。组织腐蚀是化工设备腐蚀中最常见也是最严重的类型之一。

组织腐蚀的主要原因包括材料的成分、搭配和金属的微观组织结构等。在化工过程中，金属结构与介质接触，形成了一个带电的界面。根据材料的化学成分、结构特征、使用环境等因素，该界面会产生电化学反应，形成了电池。由于材料不均匀，导致金属结构破坏，进而形成组织腐蚀。

2. 点蚀腐蚀

点蚀腐蚀是指金属表面局部点形锈蚀的现象，通常在化工设备中易发生。点蚀腐蚀是化工设备腐蚀中最常见的一种形式，它的特点是在金属表面形成小孔或点状蚀坑，导致设备的表面失去平滑，进而降低化工设备的使用寿命和工作效率。点蚀腐蚀主要是由于低浓度的酸性介质作用于材料表面所导致，低温条件下发生的点蚀腐蚀更加常见。

3. 应力腐蚀

应力腐蚀是化工设备中常见的一种腐蚀形式。它是由于材料同时经历应力和腐蚀介质的作用而引起的。通常，应力腐蚀的发生比其他腐蚀形式更加隐蔽。它可以被认为是机械性能和腐蚀性能的紧密联系所导致的。应

力腐蚀的挥发性、不可预见性和毁灭性使其成为一个需要重视的问题。

应力腐蚀的形成原因主要有以下几点：第一，材料内部的应力超过了其承受能力。第二，材料表面被划伤或损伤，出现了裂纹。这些伤口会导致初始裂纹的形成，而后引起应力腐蚀的发生。第三，环境因素，如温度、湿度等条件的变化也会导致应力腐蚀的发生。

三、防腐措施

1. 材料选择

材料选择是防腐措施的关键。在化工生产过程中，设备往往会接触到酸性、碱性或高温等具有腐蚀性的介质，选择耐腐蚀性能强的材料可以有效地降低设备的腐蚀风险。

一般来说，传统的金属材料会因为处在恶劣环境下的作用而发生腐蚀。因此在化工设备中，普遍采用耐腐蚀的合金材料作为主要原材料。例如高锰钢、镍基合金、钛合金、锆合金等，这些材料具有良好的抗腐蚀性能、高温性能和机械性能，不仅可以有效延长设备使用寿命，而且可以降低设备损坏的风险。

在材料选择方面，应根据具体的工作条件，针对不同的介质选择相应标准的材料。例如在化学生产中，钢铁材料在常温下受酸性介质的侵蚀严重，因此在使用时应采用耐酸蚀的金属进行替代。

此外，在材料选择过程中，还需要考虑成本、生产效率等因素。相对于普通的金属材料，特殊合金材料价格更高，生产成本也会相应提高。因此，需要在材料成本和设备使用寿命之间做出合理的平衡。选择合适的耐腐蚀材料是防止设备腐蚀的重要手段。在材料选择过程中，需要考虑具体工作条件、成本等多方面因素，确保选择的材料能够满足设计要求，达到预期的防腐效果。

2. 表面处理

在防腐保护工作中，材料的表面处理是一个非常关键的环节。表面处理的质量直接影响材料的耐蚀性能和涂层的附着力。

(1) 机械表面处理

机械表面处理是通过机械力量将表面的铁氧化物、锈层、污染物和铁锈颗粒等去除。常用的机械表面处理包括铸丸法、喷砂法、刮削法等。机械表面处理具有去污、除锈、提高表面粗糙度等特点。

(2) 化学表面处理

化学表面处理是在表面温度不高于60℃的条件下，采用溶液对金属表面进行化学反应，从而在表面生成一

层化学性质稳定的、致密的、微孔及微裂纹等缺陷较少的防腐膜。常用的化学表面处理包括酸洗法、酸洁净法、缓蚀法等。

(3) 机械+化学表面处理

机械表面处理和化学表面处理都具有各自的优势和劣势。机械表面处理可以除去表面较厚的锈层,但不能将一些微小的锈屑和氧化物去除干净,而化学表面处理能对表面缺陷进行修复,但不能将较厚的锈层彻底去除。机械+化学表面处理将两种表面处理方法相结合,既可以去除较厚的锈层,又可以对表面缺陷进行修复。

机械、化学和机械+化学三种表面处理方法各有优劣,应在实际工程中根据需要进行综合选择。同时,表面处理的合理使用和处置,不仅可以延长化工设备的使用寿命,降低设备故障率,还可以起到节能、减排、保护环境等多重作用。

3. 涂层保护

在化工机械设备的防腐措施中,涂层保护可能是最常见的方法之一。涂层保护的目的是防止机械设备的金属表面与周围环境接触,从而降低腐蚀的发生率。这种方法被广泛应用于各种类型的机械设备上,如管道、储罐和泵等。

涂层材料的选择对于涂层保护的有效性至关重要。常用的涂层材料包括有机涂层、无机涂层和复合涂层等。有机涂层一般使用有机合成材料作为基质,表现出高渗透性和耐腐蚀性。无机涂层通常是使用不锈钢、镀铬或者其他耐腐蚀的材料制成。复合涂层则是有机和无机涂层的结合体,通常具有很好的防腐效果。

除了涂层材料的选择,表面处理也是涂层保护的重要环节。在涂层施工之前,需要对机械设备表面进行清洗、抛光、喷砂等处理工序,以保证涂层可以均匀黏附于金属表面。表面处理的质量直接影响涂层保护的效果。

对于涂层的施工方法,通常采用喷涂或者电镀等方法。喷涂涂层可以快速均匀地涂布于设备表面上,因此广泛应用于涂层保护中。电化学防护是一种通过施加电位差来保护金属表面的方法,常用于钢铁设备表面的防腐措施。电化学防护的优势在于其能有效减少材料的腐蚀速率,但是其缺陷在于需要外部电源,因此只适用于局部防护。综合来看,涂层保护是防腐措施中最常见的一种方法,并且也在实践中得到广泛的应用。然而,涂层保护的有效性仍然取决于材料选择、表面处理和施工

方法等多个因素的综合作用。在实践中,对于不同材料的设备和不同的腐蚀环境,需要根据具体情况选择合适的涂层保护措施。

4. 电化学防护

电化学防护是化工机械设备防腐的重要手段之一。根据材料的腐蚀程度和影响,结合工作环境情况,采用电化学防护技术可改善设备的腐蚀状况,提高设备的使用寿命。

电化学防护技术是通过在金属表面附加电压或电流的作用下,使金属表面发生电化学反应,改变电极电位,从而达到减缓金属腐蚀的目的。根据不同钢材的腐蚀程度,电化学防护分为三种方法:阳极保护、阴极保护和组合保护。

阳极保护是在钢材表面附加阳极电流,从而使钢材表面发生正向电化学反应,盐酸或氧化物转化为一些难溶于水的沉淀,有效减缓钢材的腐蚀速度。阳极保护的其他措施包括施加阳极保护涂层、防锈漆的涂刷和热浸镀锌等。

阴极保护是在钢材表面施加负电流的作用下,使钢材表面保持负电状态,从而发生阴极反应。这种反应会引起涉及的化学物质在阳极处发生氧化反应,从而形成有效的保护层。阴极保护的主要措施包括触发电源、防腐涂料和被动防护层等。

组合保护是把阳极保护和阴极保护联合在一起使用,优化油气管道气驱注气管道内排热和排湿量,从而达到更好的防腐效果。组合保护是防止钢管内部结构部件发生腐蚀的最有效方法之一。

四、结束语

综上所述,采取恰当的腐蚀防护措施可以有效地延长设备的使用寿命,降低设备的维护成本,同时也可以提高工作效能和安全性。未来,在化工机械设备的腐蚀防护方面,我们可以通过不断研究和创新,开发出更加高效、环保、低成本的防腐技术及材料,从而更好地保护设备,提高生产效益。

参考文献:

- [1]郭卫东.化工机械设备腐蚀原因及其防腐措施[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(4):3.
- [2]阎宇.化工机械设备腐蚀原因及防腐措施探究[J].商品与质量,2019,000(009):240.
- [3]李亚丽.化工机械设备腐蚀原因及防腐措施浅析[J].中氮肥,2019(3):3.