

# 冶金化工设备的腐蚀原因与预防措施研究

赵 光

中国神华哈尔滨素露天煤矿循环经济产业孵化基地 内蒙古 鄂尔多斯 010300

**摘 要:** 冶金化工设备的腐蚀问题一直是制约其使用寿命和安全生产的主要问题之一。本文分析了冶金化工设备的腐蚀原因,探讨了腐蚀防护技术的发展趋势,并从预防措施、维护保养等方面提出了有针对性的解决方案。针对设备所处的不同环境和作用条件制定了具体的腐蚀预防措施,以提高设备的使用寿命和安全生产。

**关键词:** 冶金化工设备; 金属材料; 腐蚀; 预防

## 1 冶金化工设备常用金属材料论述

冶金化工设备是用于处理矿物、金属和化合物的复杂系统,它们需要承受高温、高压和腐蚀性环境。为了满足这些设备的性能要求,各种金属材料被广泛应用于制造设备的不同部件。(1) 铁合金:铁合金是以铁为主要元素的金属合金,如钢和铸铁。由于其强度、塑性和韧性等优异的综合性能,铁合金被广泛用于制造冶金化工设备,如反应器、换热器和泵等。(2) 钢铁:钢铁是一种主要由铁和碳组成的合金,具有出色的强度、韧性和耐腐蚀性。在冶金化工设备中,钢铁常被用于制造承受较大压力和载荷的部件,如厚壁管道、压力容器和阀门等。(3) 有色金属:相对于钢铁而言,有色金属是指除铁、锰、铬以外的其他金属。在冶金化工设备中,有色金属的应用非常广泛,如铝、铜、镍和钛等。例如,铝和铜合金因其良好的导热性和耐腐蚀性而被用于制造热交换器和反应器的换热管;镍和钛合金具有优良的耐腐蚀性和高温性能,被用于制造高温高压反应器和冷凝器等。(4) 金属复合材料:金属复合材料是由两种或两种以上不同金属或非金属材料组成的复合材料。在冶金化工设备中,金属复合材料的应用逐渐增加,如钛-钢复合板、铝-钢复合板等<sup>[1]</sup>。

## 2 冶金化工设备的腐蚀原因

### 2.1 腐蚀的定义和分类

冶金化工设备的腐蚀是指设备在处理矿物、金属和化合物等过程中,由于与周围环境中的气体、液体或固体物质接触而引起的腐蚀破坏现象。这种腐蚀现象可能导致设备的结构、性能和精度下降,严重时甚至可能导致设备失效或发生安全事故。根据腐蚀机理的不同,冶金化工设备的腐蚀可以分为物理腐蚀、化学腐蚀和电化学腐蚀等。(1) 物理腐蚀:物理腐蚀是由于设备表面的物理作用而引起的腐蚀破坏现象,如设备的表面因高温熔融金属或熔盐的渗透而产生的溶解或渗透。(2) 化学

腐蚀:化学腐蚀是由于设备表面与非电解质直接发生化学作用而引起的腐蚀现象,如设备表面在高温干燥环境中发生的氧化反应。(3) 电化学腐蚀:电化学腐蚀是由于设备与电解质溶液发生电化学作用而引起的腐蚀现象,如设备中的金属与周围环境中的水、盐类等发生原电池反应,导致金属的溶解和氧化。此外,根据腐蚀形态的不同,冶金化工设备的腐蚀也可以分为全面腐蚀和局部腐蚀<sup>[2]</sup>。全面腐蚀是指设备整个表面都发生的腐蚀现象,如设备整体被氧化或腐蚀。局部腐蚀是指设备表面只有局部区域发生的腐蚀现象,如设备的某些部位因应力集中或介质渗透而产生的点蚀、缝隙腐蚀等。针对不同的腐蚀类型和形态,需要采取不同的防腐蚀措施来提高设备的耐久性和安全性。

### 2.2 冶金化工设备腐蚀的主要原因

#### 2.2.1 酸腐蚀

冶金化工设备腐蚀的主要原因之一是酸腐蚀。酸腐蚀主要是由于设备与酸性介质接触而引起的腐蚀现象。在冶金化工过程中,常常使用各种酸类,如硫酸、盐酸、硝酸等,这些酸类在设备中与金属表面发生化学反应,产生氢气和相应的盐,从而导致金属的溶解和腐蚀。酸腐蚀对冶金化工设备的破坏性很大,它不仅会破坏设备的表面,而且会深入到设备的内部,对设备的结构、性能和精度产生严重影响。同时,酸腐蚀还会对设备周围的环境造成污染。

#### 2.2.2 碱腐蚀

碱腐蚀是指金属或金属合金在碱性介质中发生的化学反应,导致金属表面失去原有的金属性质和力学性能的现象。碱腐蚀的原因主要包括以下几个方面:首先,碱性环境对金属的碳化物和氧化物的稳定性较差,容易在碱性介质中受到破坏,从而导致金属失去原有的稳定性和抗腐蚀能力。其次,碱性介质中的氢氧根离子会与金属的活性阳离子结合成水溶性的金属氢氧化物,导致金属表面

失去原有的防腐蚀保护层,从而进一步加速了腐蚀的发生<sup>[1]</sup>。此外,金属在碱性介质中的电极电位相对较低,容易发生电化学腐蚀,进一步加剧了碱腐蚀的程度。

### 2.2.3 氧化腐蚀

氧化腐蚀是指金属或合金在氧气存在下,在接触到氧气的表面处发生的化学反应而形成的一种腐蚀许多方面,例如二氧化硫、氧化铁、氧化钙等化合物。氧化腐蚀是温度升高或氧气浓度增大的情况下日益加剧的。氧化腐蚀的主要原因有以下几个方面:氧气是一种高度活泼的物质,容易与金属发生化学反应,从而破坏金属表面的原有保护层,使得金属表层暴露在空气中容易被进一步氧化。氧化物本身在形成过程中会释放出一定的能量和氧分子,加剧了金属表面的腐蚀程度。此外,某些金属或合金本身对氧气有很高的亲和力,同时,在强氧化性或酸性介质中晶体中的杂质或金属离子容易成为腐蚀点。

### 2.2.4 电化学腐蚀

电化学腐蚀是指金属或合金在特定的电化学条件下,在阳极失去电子,被氧化溶解,同时在阴极处被还原而形成的腐蚀类型。首先,金属内部存在着不同的电位和电压,金属表面与介质之间形成了电化学反应,而介质中的离子也会以电流形式移动,形成阳极和阴极,导致电化学腐蚀发生。其次,金属表面的化学和物理状态不统一,容易产生局部电位差,在特定的介质环境下形成局部腐蚀。此外,金属作为电极具有电化学本质,所以金属受到电流作用会导致局部腐蚀和电化学腐蚀发生<sup>[4]</sup>。

## 3 冶金化工设备腐蚀的影响

### 3.1 设备寿命的缩短

冶金化工设备的腐蚀问题是制约其使用寿命的主要因素之一。腐蚀会导致设备表面出现深度不同的损伤,表面出现锈迹、氧化、脱落等现象,导致设备的强度、质量和功能下降,严重的甚至会导致设备的失效和事故发生。在实际生产中,不同的腐蚀程度会导致设备的寿命缩短。设备寿命是指设备的使用期限,日益缩短的设备寿命会直接影响生产效率和经济效益。冶金化工设备是重要的生产装置之一,在生产过程中长期处于恶劣的环境中,设备腐蚀问题是其使用寿命缩短的主要原因。一方面,设备腐蚀会增加设备的维护难度和维护成本,影响生产效率。而且随着使用时间的增加,其腐蚀程度也会不断增加;另一方面,设备失效或事故的发生可能会导致生产中断,造成经济损失。

### 3.2 安全风险的增加

冶金化工设备的腐蚀问题不仅会缩短设备的使用寿

命,而且还会带来一定的安全风险。冶金化工设备在生产过程中,经常接触剧烈腐蚀性介质,长时间的暴露在恶劣的环境下,设备表面就会发生氧化、锈蚀、疲劳等现象,这些现象都会导致设备的质量和性能下降,加剧设备的腐蚀程度,从而增加设备失效或事故的风险<sup>[1]</sup>。当设备表面受到腐蚀损伤,会导致设备强度下降、防护能力降低,甚至可能产生裂纹、龟裂等存在安全隐患的问题。如果这些问题无法及时得到修护或更换,设备就会出现漏气、漏液、爆炸、火灾等风险,从而威胁到人们的安全和财产。

### 3.3 生产成本的提高

首先,设备腐蚀会导致设备的损坏和失效,需要进行更换或维修,这不仅耗费人力、物力和时间等资源,同时会增加设备的维修和维护成本。如果设备损坏严重,需要更换重要的零部件或设备时,就会留下较高的成本,对冶金化工企业的资金流动产生不利影响。其次,设备腐蚀还会导致生产量减少、生产效率降低,从而使生产成本也增加了。特别是当生产设备因腐蚀导致出现生产事故等情况时,需要停工维修,会造成不必要的生产成本和经济损失。最后,设备腐蚀对产品的质量也会产生影响,进而会导致产品的市场价值降低、不良品率的上升,从而加重生产成本的负担<sup>[2]</sup>。

## 4 冶金化工设备腐蚀预防措施的研究

### 4.1 材料选择

冶金化工设备中电解铝电解槽和铝电解烟气净化方面的设备防腐具有重要意义。由于电解铝过程中会涉及到各种化学反应和腐蚀性物质,因此设备的防腐措施对于保证电解铝工艺的稳定性和安全性至关重要。电解铝电解槽是电解铝过程中的核心设备之一,其主要作用是将电能转化为化学能,将铝离子还原为铝单质。由于电解过程中会涉及到高温、高压和高腐蚀性物质等恶劣条件,因此电解槽的防腐问题十分重要。常见的电解槽防腐措施包括采用高强度耐腐蚀材料制作槽体和相关部件,如不锈钢、镍基合金等。此外,在电解槽内部涂覆防腐涂料也是一种常见的防腐措施。例如,可以采用环氧树脂、聚氨酯等涂料,将槽体表面覆盖起来,从而防止腐蚀性物质对槽体产生腐蚀。除了电解槽本身的防腐措施外,电解铝烟气净化方面的设备防腐也是一个重要的环节。电解铝烟气中含有的腐蚀性物质,如氟化氢、二氧化硫等,对于净化设备的腐蚀问题也需要采取相应的防腐措施。对于烟气净化的设备,一般可以采用耐腐蚀材料制作,如聚酯、聚氨酯等高分子材料。同时,在设备表面涂覆防腐涂料也是一种有效的防腐措施。例

如,可以采用环氧树脂、聚氨酯等涂料,将设备表面覆盖起来,从而防止腐蚀性物质对设备产生腐蚀。另外,对于烟气净化过程中使用的药剂,如氢氧化钠、碳酸钠等,也需要注意它们的储存和使用问题。这些药剂应该存放在密封良好的容器中,避免与空气接触,从而防止它们对环境和设备产生腐蚀。

#### 4.2 防腐涂料的应用

防腐涂料是一种广泛应用于冶金化工设备中的防腐措施,可用于减缓或避免腐蚀的发生。通常,防腐涂料可以形成一种障碍层,将介质隔离在金属表面外,防止介质进一步侵蚀金属表面的现象<sup>[3]</sup>。防腐涂料的应用具有以下几个方面的优点:防腐涂料具有较好的化学稳定性,能够耐受酸、碱、盐等介质的腐蚀,有效减缓或避免金属设备发生腐蚀。防腐涂料在不同环境下有不同的防护层厚度和组成,可以针对不同条件选择不同的产品,提供更加有效的保护。涂料具有一定的密封和绝缘性能,可以防止水份、空气和其他介质进入设备表面,保证设备表面独立于介质之外。防腐涂料具有便捷的施工和维护工艺可以在生产设备不停工的情况下施工,且维护管理也相对容易简洁。

#### 4.3 防腐膜的形成

防腐膜的形成作为一种有效的冶金化工设备腐蚀预防措施,近年来备受关注。防腐膜主要是指通过一定的方法在设备表面形成具有抗腐蚀性能的物质。常见的防腐膜形成方法包括钝化膜、涂层膜、热浸镀等。其中,钝化膜是冶金化工设备中最为常见的防腐膜形成方法之一。例如,不锈钢设备的表面通常会形成一层铬氧化物膜,这一膜层具有一定的厚度和均匀性,并且能够在设备表面稳定存在,提高设备的抗腐蚀性能。此外,在防腐膜的形成过程中,还需要注意对材料本身进行优化和调整。还可以采用物理或化学方法对表面进行处理,如电化学抛光、机械抛光、电化学镀铜等,以此来提高表面的平整度和均匀度,促进防腐膜的形成。因此,综合运用多种措施,形成坚韧耐用的防腐膜,可以显著提高冶金化工设备的抗腐蚀性能和使用寿命<sup>[4]</sup>。

#### 4.4 规范操作和维护

规范操作和维护是冶金化工设备腐蚀预防措施的重

要组成部分,对于确保设备的安全可靠运行和延长设备的使用寿命具有重要意义。在规范操作方面,需要制定和实施适宜的操作规程,保证冶金化工设备能够在规定的操作条件下正常运行,并尽可能减少操作对设备产生的腐蚀影响。一般来说,规范操作的要求主要包括以下方面:设备操作人员需要接受必要的技术培训,熟悉设备的操作规程和护理要求。操作人员需要按照生产工艺要求正确进行调整和控制,减少可能的操作误操作对设备造成的影响。特别注意介质配制和装载过程中的操作,避免杂质和杂质混入设备内部,影响设备的正常运行<sup>[1]</sup>。

在设备维护方面,也需要定期检查、清洁和维护设备,及时排除设备内部的根本腐蚀问题。需要建立设备维护及时反馈的制度,快速发现设备故障或属性问题,并及时采取适当的应对措施,防止问题扩大。对设备进行定期检查、维护、保养、清洗,及时排除设备内部可能产生的腐蚀问题,并加强管理,做好相关记录,以便参考和随时跟踪。在检查和维护过程中,还需要根据材料、温度、压力等因素的不同,选择合适的工具和方法进行维护,避免机械损伤等问题。

#### 结束语

冶金化工设备的腐蚀问题一直是制约其使用寿命和安全生产的难题。本文从分析腐蚀的原因入手,阐述了冶金化工设备腐蚀问题的危害与影响,深入探讨腐蚀防护技术的发展趋势及其应用,为设备腐蚀问题的预防提供了有益的思路和方法。企业应加强技术创新和管理创新,提高安全意识和应急处置能力,提高设备的使用效率和经济效益,为冶金化工设备的安全运行和生产贡献力量。

#### 参考文献

- [1]李东平.化工设备常见腐蚀分析及预防措施[J].石油化工安全环保技术,2020(4):40-44
- [2]方实耿.化工设备的腐蚀原因及防腐措施[J].化工管理,2020, No.486(15): 202.
- [3]石军朝.浅析化工机械设备腐蚀的原因及防腐措施[J].化工管理,2019, No.493(22): 135.
- [4]蒋晓瑞.浅析化工设备常用金属材料腐蚀原因与预防措施[J].化学工程与装备,2019(07):247-248.