

化工机械设备电化学腐蚀与防护研究

陈金海 黄殿举

(浙江巨化股份有限公司氟聚厂 浙江 衢州 324004)

摘要: 化学机械设备的运行过程中必然会受到腐蚀的影响, 腐蚀对机械的性能和外形都会产生较大的影响, 导致设备的功能降低、使用寿命减少、工作效率降低。同时也对企业的生产安全造成较大的安全风险隐患。本文对化学机械设备的腐蚀问题进行总结, 对电化学腐蚀情况进行深入分析, 采用实验的形式来对电化学腐蚀防护方法进行研究, 得出最终结论。希望能够为化学机械设备电化学腐蚀情况的防护提供有效参考。

关键词: 化工机械设备; 电化学腐蚀; 防护研究

0 引言

物体会因为化学影响产生消耗或者破坏, 这种现象被定义为腐蚀。腐蚀从广泛角度来看即物体材料与周边环境发生化学反应或者电化学反应而受到功能上的破坏, 从狭义角度来看即金属材料与周边环境发生了物理或者化学反应导致金属材料的构成、性能以及自身环境出现变化。本文中的化工机械设备电化学腐蚀会导致机械设备受到功能性的破坏、资源与能源浪费也会对企业造成巨大的损失, 因此需要对电化学腐蚀的成因和防范方法进行研究, 提升化学机械设备的抗腐蚀能力。

1 化工机械设备腐蚀问题常见种类

1.1 电化学腐蚀

电化学腐蚀是化工生产中对机械设备最常见的腐蚀情况之一, 化工机械设备的金属材料与电解质溶液进行接触后丢失电子而产生的氧化情况, 也可以称为原电池反映。这种腐蚀问题通常具备较为明显的变化, 腐蚀速度也较快。化工行业生产需要长时间接触电解质溶液, 电化学腐蚀是化工机械设备最常见的腐蚀问题之一。

1.2 化学腐蚀

化学腐蚀即化工机械设备中的金属材料接触到腐蚀性较强的物质产生的快速腐蚀情况, 这也是化工行业最常见的腐蚀问题之一。因化工行业的主要生产材料中包含盐酸、硫酸等强酸强碱。强酸强碱对阀门以及泵体等位置的腐蚀性是化工机械设备生产中最常见的问题, 也因此而导致化工机械设备的功能性损坏甚至是报废。

1.3 其他腐蚀

化工行业的生产环境复杂、生产环节繁杂, 这种情况下增加了腐蚀的发生几率。除了常见的电化学腐蚀、化学腐蚀以外, 化工行业生产过程中还存在着其他的腐蚀问题, 如焊接时产生的化工应力腐蚀、化工机械设备的常规磨损和疲劳等腐蚀问题、缝隙腐蚀等。

2 化工机械设备的电化学腐蚀防护方法

2.1 腐蚀成因

电化学腐蚀出现主要是由于铁与氧气发生反应形成腐蚀的原电池, 导致电流无法做功, 电子进行内部消耗, 对电池内的阴极产生了腐蚀, 导致还原反应的生成。化工机械设备的系列腐蚀问题中最常见的就是电化学腐蚀, 这种腐蚀问题会对化工机械设备造成严重的功能性损害。腐蚀成因的为氧化还原反应, 其化学方程式为: $\text{Fe} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2$ 。化工机械设备发生电化学腐蚀后表面的金属材料会出现许多小鼓包和腐蚀出的黑色小坑, 这种情况不仅会影响到化工机械设备的生产效率还会使缩短化工机械的使用年限, 增加企业的运营成本。化工机械设备出现电化学腐蚀主要分为两种情况, 一种是化工机械设备自身的结构组成存在电化学腐蚀的出现条件, 二是化学机械设备处在含有腐蚀性物质的工作环境中。电化学腐蚀在化工企业的生产中能够起到严重的负面作用, 对化工机械设备造成损害, 降低生产的安全性, 因此需要企业加强防范力度。

2.2 防护方法

化工机械设备电化学腐蚀的防护方法有较多种, 如外加电流阴极保护法、牺牲阳极保护法等, 本文研究的是外涂纳米二氧化硅改性环氧树脂防腐涂料进行化工机械设备的电化学腐蚀防护。

2.2.1 实验原料

无溶剂环氧防腐涂料(型号:双酚A型)、改性胺固化剂、二氧化硅改性环氧树脂、有机硅环氧杂化树脂、活性稀释剂、硅烷偶联剂(型号:A16),为突出防腐效果,可采用普通双酚A型无溶剂环氧防腐涂料的效果与之进行对比。

2.2.2 实验过程

实验样本制作:样本采用化工机械设备常用的金属材料钢板,通过涂抹防腐涂料的形式进行防腐实验。实验用钢板要保持无尘、无锈、无油且清洁的状态,将改性涂料涂在钢板上面,对比组则采用另一块钢板涂抹普通涂料。置于常温环境下超过7天,确保涂料干燥,后筛选出涂层最均匀的钢板作为对实验用样本。

2.2.3 实验结果

(1) 改性环氧树脂

选择涂抹只含有改性环氧树脂涂料的钢板进行实验研究, 研究结果表 1 所示。从表 1 能够得出改性的环氧树脂涂料开始增加含量的时候, 实验样本的附着力、柔韧性、冲击性、耐腐蚀性都会增加。但改性环氧树脂的含量一旦超过 10%, 这些性能就会开始呈下降的状态, 由此总结出改性环氧树脂的最佳含量为 10%。

(2) 硅烷偶联剂

采用 A16 型硅烷偶联剂结合无溶剂改性环氧涂料进行钢板防腐时, 研究防腐剂涂层的附着力得出的结果见图 1。假设采用含量为 10% 的改性环氧树脂, 从图 1 能够看出无溶剂改性环氧涂料与硅烷偶联剂相结合的涂层具有更大的附着力。附着力增大时能够有效确保防腐涂料能够长效覆盖金属表面, 延长金属防腐效果, 结合 A16 型硅烷偶联剂能够更有效地对化工机械设备进行电化学腐蚀防护。

表 1 改性环氧树脂对涂层性能的影响

w%	0	5	10	15	20
附着力 /MPa	10.08	10.26	10.33	10.29	9.86
柔韧性 /mm	4	2	2	2	2
冲击性 /cm	40	45	50	50	50
t[耐热碱(80°C, PH=14)]/h	193	257	569	600	600
t(耐盐雾)/h	2000	3100	4000	3600	2900

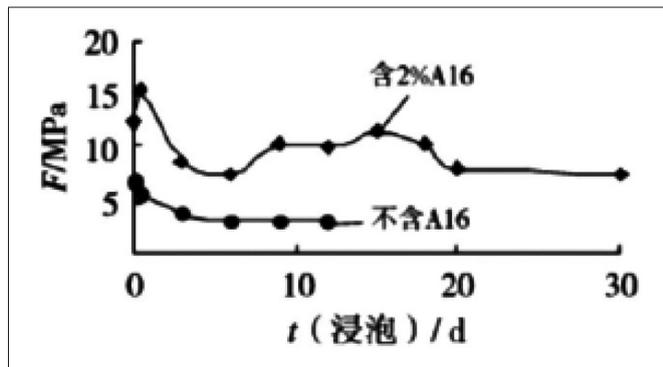


图 1 硅烷偶联剂 A16 对涂层的影响

(3) 有机硅环氧树脂

通过以上两个实验能够得出, 最佳防腐涂层中的改性环氧树脂含量应为 10%, A16 型硅烷偶联剂的含量应为 2%, 本实验以此为基础增加有机硅环氧树脂。通过实验结果(表 2 所示)能够看出, 当涂层中的有机硅环氧树脂逐渐增加掺量时, 涂层的耐腐蚀性就会有所增加, 树脂掺量持续增加, 耐腐蚀性能够维持在固定的数值范围内。通过实验能够得出涂层与水的接触角度会因为树脂含量的增多而加大, 但抗冲击性能和附着力并不会受到影响。

表 2 有机硅环氧树脂对涂层性能的影响

w (EF) /%	0	3	5	10	15
附着力 /MPa	10.08	10.26	10.33	10.29	9.86
$\theta / (^{\circ})$	79	96	99	99	103
抗冲击性 /cm	50	50	50	50	50
t[耐热碱(80°C, PH=14)]/h	193	560	730	730	730

有机涂层的腐蚀防护原理是将钢板与腐蚀因素隔离开来, 进而达到防止腐蚀的作用, 但这样的防范并不能起到完全阻隔腐蚀影响因素的作用。溶剂都存在一定的挥发性, 有机涂层因为会导致涂层表面出现分子结构的缝隙和许多针眼, 腐蚀物质就能够渗透到金属的表面, 导致腐蚀现象的发生。若涂层的各个性能都较好, 就能够有效降低金属的被腐蚀风险性。化工机械设备的金属表面与腐蚀物质接触的时间越长越能够证明涂层的防腐性能越强。涂层的防腐效果也可以通过检测水的渗透力和吸收力来进行证明。涂层的抗渗透能力可以通过饱和吸水率来进行证明。防腐涂层的效果见表 3。从表 3 中能够看出, 防腐涂层中有机硅环氧杂化树脂与涂层的吸水率、渗水率、饱和渗水率呈反比, 由此可以看出有机硅环氧杂化树脂具有较强的阻隔功能, 能够提升金属的抗腐蚀性, 有效提升涂层的疏水性。

表 3 有机硅环氧杂化树脂对涂层阻隔效果的影响

w (EF) /%	0	3	5	10	15
η (吸水) /%	0.933	0.654	0.522	0.511	0.489
v (渗水) / ($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$)	0.348	0.246	0.217	0.204	0.199
m (饱和渗水) /g	0.022	0.017	0.016	0.015	0.016

图 2 能够表现出有机硅环氧杂化树脂涂料的电化学阻抗谱。如果防腐涂层中未结合有机硅环氧杂化树脂, 电化学阻抗谱出现了扩散的情况, 腐蚀物质极易穿透涂层到达金属表面形成腐蚀现象。由此可见, 涂层无法满足防腐效果的原因主要是腐蚀物质能够穿过涂层到达金属表面, 累积量超过一定数值就会出现腐蚀。

表 4 中可以看出防腐涂层的双电层电容以及孔隙电阻。结合图 2 可以看出, 有机硅环氧杂化树脂的含量与 RP 值呈正比, 实验证明树脂掺量越多, 防腐涂层的抗渗透性能就越强。但有机硅环氧杂化树脂的含量超过 5% 之后, 孔隙的电阻也会逐渐增大, 但增速并不会很高。

通过上述实验能够得出结论, 防腐涂层中增加有机硅环氧杂化树脂能够对防腐涂层的抗渗透性起到有效提升的作用, 能够对化工机械设备起到优质的防腐作用。树脂掺量越高, 防腐的效果性能就越好。但也需要考虑到实际生产过程中有机硅环氧杂化树脂会导致材料成本的增加, 通常情况下含量控制在 10% 是最合理的范围, 既能够

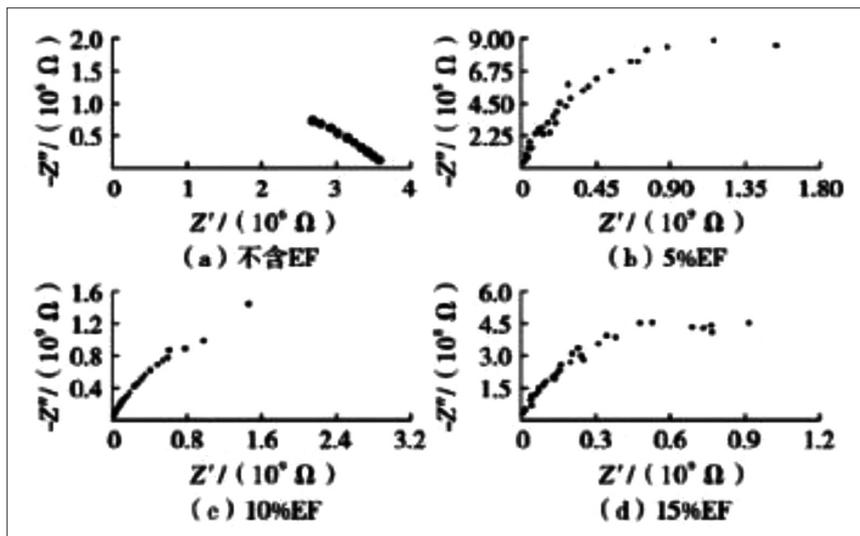


图2 不同有机硅环氧杂化树脂含量的电化学阻抗谱

表4 加入有机硅环氧杂化树脂后的涂层空隙电阻和双电层电容

w (EF) /%	0	3	5	10	15
RP/ Ω	4.688×10^6	1.758×10^9	2.638×10^9	2.808×10^9	2.977×10^9
CP/F	1.957×10^{-10}	5.694×10^{-10}	7.286×10^{-10}	7.197×10^{-10}	9.542×10^{-10}

达到防腐蚀的效果,也能够有效控制成本。

2.2.4 改性涂层防腐蚀性能研究

为了验证防腐蚀涂层优化后的效果,进行了两种材料的对比实验。将分别涂有两种防腐蚀涂料的实验样本浸泡在碱性的污水中,通过显微镜来观察能够看出普通双酚A型的无溶剂环氧防腐涂层随着浸泡时间增加涂层的孔隙也逐渐增加,表面逐渐粗糙,经过1000小时的浸泡,对比未浸泡前粗糙程度增加了6倍。浸泡时间越长增幅程度越大。通过显微镜观察优化后的防腐涂层能够看出对比普通双酚A型的无溶剂环氧防腐涂层,优化后的涂层在同样的浸泡时间内粗糙变化较慢,粗糙程度只增大了1倍左右。由此可以证明改性优化后的防腐蚀涂料能够达到较好的电化学防腐蚀防护效果,通过实验能够证明,混合型防腐蚀涂层能够最大限度提升涂层的防渗透性和防腐蚀性,有效降

低化工机械设备的电化学防腐蚀率。

3 结语

综上所述,通过深入研究化工机械设备的电化学防腐蚀防护优化方法能够有效提升化工机械设备的防腐能力。化工企业可以通过改善管理理念和加强对化工设备的管理维护,提升员工的维护能力来进一步提升化工机械设备的的使用寿命,降低企业的经营成本,促进企业的可持续发展,同时也能够为促进我国的经济发展作出贡献。

参考文献:

- [1] 李燕承,乔生龙,闫树东,等.油井管柱电化学防腐机理实验研究及防腐措施[J].化工机械,2021,48(3):5.
- [2] 王海峰.浅谈化工机械设备的腐蚀原因及防腐措施[J].中国盐业,2020(11):3.
- [3] 汤寒宇.纯铜微观组织调控及其对电化学和机械性能的影响[D].大连理工大学,2020.

[4] 王贵合.化工机械设备腐蚀原因及防范措施初探[J].2020.

[5] 韩雨东,焦晨星,李昊,等.一种钢构件在荷载与电化学防腐蚀耦合作用下的轴压装置:CN211206071U[P].2020.

[6] 李玉峰,李继玉,李怀阳,等.磺化聚苯胺的制备及与硅树脂涂层的防腐蚀性能[J].精细化工,2019,36(6).

[7] 韦松云.提高化工机械设备防腐蚀性能的研究[J].粘接,2019,40(12):5.

[8] 涂相勇,吴建国,王远振.基于化工机械材料的腐蚀分析及防腐蚀研究[J].粘接,2020.

作者简介:陈金海(1983.03-),男,汉族,浙江衢州人,本科,工程师,研究方向:氟化工生产、设备管理、安全管理;黄殿举(1985.02-),男,满族,浙江衢州人,本科,工程师,研究方向:氟化工生产、技术开发、工艺管理、安全管理、环保管理。