

浅析常用特种金属材料的耐蚀性及应用

尹红

(哈电集团(秦皇岛)重型装备有限公司 河北 秦皇岛 066206)

摘要: 特种金属材料作为当前金属材料中的一种新型金属材料, 由于它的特殊性能在多种行业中得到广泛的应用。尤其耐腐蚀性能的优势, 使特种金属材料成为石油、化工等相关行业生产设备的重要材料。随着社会新形势发展需要, 化工等行业生产设备的技术改造升级势在必行, 从而对设备防腐性能提出更高的要求。基于此, 本文通过对当前几种国内常用的特种金属材料耐蚀性能及应用进行较为详细的分析, 旨在促进特种金属材料防腐性能的不断提升以及进一步开发应用。

关键词: 特种金属材料; 耐腐蚀性; 材料性能及应用

0 引言

近些年, 特种金属材料随着金属材料的发展逐渐成为一种十分重要的新型金属材料, 它不仅提高了金属材料的强度, 而且耐腐蚀性能表现也较为突出, 成为各行业应用的重要材料, 尤其在化工等相关行业的生产设备中应用更为常见。本文结合目前国内较常用的几种特种金属材料的实际应用, 对特种金属材料耐蚀性能特点进行分析说明, 有利于进一步提高特种金属材料的防腐性能及开发应用的认识, 这是当前装备制造企业以及相关科研技术人员研究的重点和热点。

1 几种常用特种金属材料耐腐蚀性

1.1 钛金属材料的耐腐蚀性

钛是一种化学活性很高的金属元素, 经过合金后形成的钛金属材料, 具有十分强的抗腐蚀能力。在常温条件下, 钛表面会有一层稳定性高且致密的钛化膜, 它可有效保护钛不被其他介质腐蚀, 即使钛化膜被破坏, 这种膜也能快速自动实现恢复。因此, 钛在酸性、碱性、中性水溶液以及氧化性介质中都具有较好的稳定性, 其耐腐蚀性能要好于当前应用的不锈钢以及其他有色金属。它的钝性往往取决于其表面的氧化膜, 在氧化性介质中的耐腐蚀性能要高于在还原介质中。一般情况下, 钛在一些腐蚀性介质中具有高耐腐蚀性能, 如海水、湿氯气、亚氯酸盐及次氯酸盐溶液、硝酸、铬酸、金属氯化物、硫化物以及有机酸等。但钛在盐酸和硫酸中则耐蚀性能降低, 若在其中加入一些氧化剂, 即使在强硫酸、硝酸或盐酸的混合液里, 甚至在含游离氯的盐酸中, 钛也具有耐腐蚀性能。

从理论上讲, 钛的氧化膜起保护性作用时, 其 Pilling-Bedworth 比值一般不能小于 1。若小于 1 的话, 钛金属表面的氧化膜无法全覆盖, 对钛防腐起不到保护性

作用。相反, 若比值过大, 则造成钛氧化膜因内应力增大而导致膜破裂, 钛便会失去有效保护。因此, 钛的 P-B 比值应为 1 ~ 2.5 为宜。通常条件下, 钛金属在大气或水溶液中, 其表面能快速生出新的氧化膜。例如在室温大气中氧化膜厚度约为 1.2 ~ 1.6nm, 随着时间的延长氧化膜会不断增厚, 大概 2 个月后氧化膜会增厚到大约 5nm, 且时间越长, 氧化膜越厚。而在人为强化氧化条件下, 通过加热、使用氧化剂或阳极氧化等方法, 钛可以快速获得较厚的氧化膜并具有防腐性能, 这对提高钛的耐腐蚀性能会产生积极作用。

实际中钛的氧化膜的结构通常不是单一存在, 它会随氧化物的成分与结构的不同在生成条件上发生变化。一般情况下, 氧化膜与环境的界面有可能是 TiO_2 , 而与金属界面则可能会以 TiO 为主, 在它们之间还可能存在着非化学当量的氧化物。因此, 钛的氧化膜生成过程中其结构存有多层的可能性, 不能简单解为钛与氧共同作用的结果。通常钛具有稳定性抗腐蚀与疲劳能力, 一般不会发生孔蚀。

1.2 白铜 (Cu-Ni) 的耐腐蚀性

白铜主要以镍为主要合金元素的铜合金, 有较强的抗腐蚀能力, 与不锈钢相比两者都具有良好的耐腐蚀性能。但在耐酸性能上, 白铜较低。在耐腐蚀性方面白铜与纯铜基本相似。实践表明, 铜如果长期暴露在大气中, 其表面会形成含碱性碳酸铜 $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_3$ 和硫酸铜 $CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_3$ 的“铜绿”薄膜, 这种绿膜能防止铜基体不再继续被腐蚀。而白铜因耐腐蚀性能强, 所以可有效防止“铜绿”薄膜的发生。通常铜在淡水、海水或中性盐溶液里也具有防腐性能, 归功于铜表面钝化膜的保护作用。另外, 铜在酸和碱的溶液中, 若无氧化剂时, 便具有良好的耐腐蚀性能, 而当酸或碱溶液中有氧化剂时, 铜的氧化膜会被破坏, 防腐性能会降低。而在无机酸的硫酸或者硝酸中, 白铜会受到较为严重的腐蚀。

1.3 镍金属材料的耐蚀性

镍在一般温度下其表面也会形成一层氧化膜,能在各种不同的腐蚀环境中起到有效防腐性能,这源于镍自身是多功能型的耐腐蚀材料。在冶金方面,镍作为合金元素与其他金属元素有着不错的相容性,能形成不同的合金体系,广泛应用于石油、化工等行业,从而体现出了镍合金非常强的抗腐蚀性能。在中性或微酸溶液里,如一些经过稀释后非氧化性的酸、有机酸以及其他有机溶剂等,在低温或中温情况下,镍对这些溶液具有比较理想的防腐性能,而镍在氧化性酸里或者有氧化剂的溶液以及许多可熔金属中,其防腐效果会不理想,它会被这些介质溶液所腐蚀。遇到碱性溶液,镍的耐蚀性能表现得比较稳定,可对所有碱性溶液都能起到较强耐蚀性能。另外,镍在水、海水、高温干氟等环境中也都具有强耐蚀性。

1.4 钽材的耐蚀性

钽属于一种钢灰色高密度的有色金属,其化学活性比较稳定,有着许多比较特殊的性能,高强度耐温性、热膨胀系数较低、良好导电性能以及可焊性能与高耐蚀性能。使钽在酸、碱以及有机介质中能表现出良好的化学稳定性,在金属元素周期表中仅次于铂和金,温度在200℃以下的酸介质或者碱介质中钽的化学稳定性高于铂和金。在大多数酸介质中,钽的防腐能力比较强,150℃以下钽能够有效耐王水的腐蚀。而在氟、氟氢酸、含氟离子的酸性溶液、发烟硝酸、浓硫酸以及浓磷酸等这些介质中,钽的耐蚀性能会受到较大影响,还有在浓碱介质中钽的防腐性也不理想,在氟离子溶液以及碘化钾溶液中防腐性更低。

1.5 锆材的耐蚀性

锆材的耐蚀性原理与钽材有些相似,在还原性条件下锆比钽耐蚀性更具有优势。然而,锆材遇到氢氟酸和其他氧化性酸介质会被严重腐蚀,还有在湿氯中耐蚀性能也较差,它是一种化学高活性的金属元素。在腐蚀环境的条件下,锆比铜、铁更容易受到腐蚀,但锆与氧之间亲和力较强,锆的表面能形成一层附着力强且致密的氧化膜,对锆基体能形成良好的防腐性保护。在许多化学物质中,锆对无机酸(盐酸、硝酸、硫酸等)以及大部分的有机酸(甲酸、醋酸等)、各种盐溶液、碱起到防腐作用。锆材从力学性能和工艺性能上看,适合作为容器和换热器设备制造材料。

1.6 双相不锈钢耐蚀性

当前,在标准奥氏体不锈钢的应用环境中,双相不锈钢的高耐蚀性能比较突出。由于双相不锈钢含铬量高,在氧化性酸介质中有不错的防腐性。另外,双相不锈钢还含有足够量的钼和镍,对中等还原性酸介质有耐蚀性能。如果双相不锈钢组织中含铁素体达到30%,其耐氯化物应力腐蚀断裂性能要好于奥氏体不锈钢,但

铁素体与氢脆有敏感性,若在氢脆环境中,双相不锈钢耐蚀性能效果不理想。通常情况下,不锈钢的表面会有一层超薄的钝化膜使其具有耐蚀性能。而双相不锈钢的耐蚀性也是依赖其表面的钝化膜,钝化膜的均匀性和稳定性与不锈钢的组织与元素的分布均匀程度关系较大。当双相不锈钢基体的组织和化学成分出现不均匀或者存在析出相时,在特定的介质环境中出现薄弱的部位就会被破坏,将破坏的部位作为活化的阳极部位而其周围未破坏的区域则作为阴极部位,这种小阳极和大阴极会加速金属表面的活性溶解,进而形成点蚀坑。点蚀则是双相不锈钢最有害的腐蚀形态之一,并通常会成为其应力腐蚀裂纹和疲劳腐蚀的起始部位。

2 常用特种金属的应用分析

2.1 金属钛的应用

钛是一种重要结构的轻金属,而与其形成的钛合金,密度小、强度高、耐腐蚀性强、耐热性高、可焊性好、无毒无磁、生物相容性好等特性被广泛应用。在过去较长时间内主要在航天和军工领域里应用。随着钛金属的研发不断深入,钛民用工业发展迎来快速发展时机,使钛金属应用涉及石油、化工、冶金、航空、生物医药、海洋等领域。具体应用如下。

2.1.1 石油工业

钛在有机化合物中,由于钛金属的高稳定性,在石油炼制或石油化工结构材料中作为主要材料,用作制造高压容器、热交换器、蒸馏塔等。

2.1.2 化工方面

钛作为化工工业中防腐性能优良的材料,应用更为广泛,例如:可以利用钛金属对强碱的耐蚀性能,生产钛金属阳极和钛制湿氯气冷却器;还可应用到氯碱工业生产中,对氯碱工业发展起到十分重要作用。

2.1.3 冶金方面

钛金属因高活性、吸气性能良好,炼钢时可加入少量钛元素,可提高钢的韧性与弹性,通常在炼钢、炼铝时使用的合金剂就是钛金属,钛还经常被应用到铜、锰、镍、钴等有色金属湿法冶金电解生产中。

2.1.4 化肥生产设备

化肥在生产过程中会产生一定的腐蚀性,尤其尿素在高温条件有很强的腐蚀性,对生产设备会造成很大影响,应用含钛的化肥生产设备能有效起到防腐性效果,延长生产设备的使用寿命。因此,钛材成为当前制造化肥生产设备的主要材料。

2.1.5 海水淡化与造船产业

钛材在应对海水和海洋大气的腐蚀性能表现出高耐蚀能力。由于钛的比强度高,又属于轻金属,广泛应用在船、各种舰艇以及深海探测器的耐蚀部件生产中,

它也是比较理想的结构材料。

2.1.6 电力工业

在许多高腐蚀性的氯化物和硫化物等热溶液中,钛金属有着不错的稳定性。在火电厂应用的热交换器的冷却管就是以钛为主要材料,可确保火电厂设备长时间稳定运行,从而减少设备的检修次数,大大提升火电厂的运转效能。

2.1.7 造纸与纺织

在造纸漂白或纺织印染过程中使用的二氧化氯、亚氯酸、亚氯酸盐等漂白或印染制剂都具有较高的腐蚀性,钛材能对含有这些化学物的溶液有很好的防腐蚀作用。因此,钛金属便成了这些应用设备的重要生产材料。

2.1.8 医疗生物方面

钛金属的良好生物相容性和耐腐蚀性能,在医学领域里也有广泛的应用,比如常见的医疗器械、人工关节、口腔钛种植体等。目前,在生物学应用中已知最好的金属材料非钛莫属。

2.2 白铜的应用

铜合金中的白铜具有很好的耐腐蚀性能,易成型、易加工和焊接。它主要应用在以下方面。

2.2.1 一般普通的白铜

可用作结构性材料,还可制作重要的高电阻以及热电偶合金。

2.2.2 结构复杂的白铜

白铜的应用范围非常广泛,例如:白铜含铁后,可广泛用作耐腐蚀高的冷凝管、热交换器和结构性材料;含锰的白铜,主要是精密电工仪器、仪表、变阻器、精密电阻等的生产材料;含铝的白铜,是造船、电力、化工等设备耐腐蚀部件的主要材料;含锌的白铜,可用作板材、线材、棒材,还可用作医疗器械、仪表、制造仪器;等等。

2.3 镍材的应用

以镍为基体形成的合金,在高温650~1000℃条件下,强度高、抗氧化性强、耐腐蚀性能高。当前镍合金的不同型号材料较多,其在应用上也有所不同,在航空、航天、石油、化工、核能、冶金、海洋船舶、环保、机械、电子、食品等领域都有较为广泛的应用。

2.4 钽材的应用

钽金属材料在受到腐蚀时,一般都是呈现出比较均匀全面的腐蚀,而局部腐蚀性基本不会发生,这一独特的性能使钽材成为目前用于复合衬里比较好的材料。

2.5 锆材的应用

锆属于稀有金属,抗腐蚀性能十分强大,有着超高的熔点以及高强度和硬度的特性,在航空航天等领域广泛应用。由于锆材的熔点比钛高,它的各方面性能也优于钛。锆材可作为优质钢的脱氧去硫添加剂,成为不锈钢、热元钢等组元。另外,锆材在加热过程中可大量吸收氢、氧、

氮等气体,可作为理想的吸气剂,如电子管里除气剂就是应用的锆粉。实际应用中,锆材的特殊性能使其应用范围也在不断扩大。

2.6 双相钢的应用

双相不锈钢的优良耐孔蚀性能,使其应用越来越广泛。当前主要应用在以下几方面:

2.6.1 运输业

在制造化学品船时,使用双相不锈钢具有较大优势,这取决于双相不锈钢的高强度和优良的耐腐蚀性能。

2.6.2 化学设备

在工业生产硫酸环境中,特别是在含氯离子的条件下,双相不锈钢部分耐腐蚀性能比奥氏体不锈钢要好。

2.6.3 造纸和纸浆设备

奥氏体不锈钢设备是最早应用在造纸和纸浆设备生产中的。目前,可用双相不锈钢设备来代替奥氏体不锈钢设备提高造纸和纸浆蒸锅的耐腐蚀性和强度,还可有效降低蒸锅的重量。

2.6.4 饮料和食品加工

饮料和食品生产一般都是在含氯离子热溶液中进行,双相不锈钢可有效提高耐应力腐蚀割裂的效果。

2.6.5 炼油工业

双相不锈钢在炼油生产设备中应用较多,经常会在炼油生产中的减压蒸馏、催化裂化加氢脱硫设备中。

另外,在海洋石油工业海岸设备的管道体系中以及热交换设备也都会多选用双相不锈钢起到高耐腐蚀性作用。

3 结语

综上所述,不同种类的特种金属所具有的特性也不尽相同。正因为特种金属的特殊性能,使特种金属应用的领域在生产生活中不断扩大。可以看出,特种金属材料的进一步开发应用是当前研发的重点和热点,需要特种金属装备制造企业以及相关设备应用企业以及科研人员的不懈努力,认真做好当前国内常用的特种金属材料的耐腐蚀性能的研究分析,在有效提升特种金属材料防腐性能的基础上,更好地促进更多特种金属材料的研发和应用。

参考文献:

- [1] 张建鑫. 钛及钛合金的应用 [J]. 黑龙江科技信息, 2014(20): 112.
- [2] 林云喜. 锆的耐蚀性能及锆设备制造品质控制 [J]. 机械制造与自动化, 2012(03): 43-45.
- [3] 崔璇, 彭风, 朱克明. 钛的应用及金属钛的制备工艺 [J]. 中国金属通报, 2020(22): 100-101.

作者简介: 尹红(1983-), 女, 河南信阳人, 本科, 中级工程师, 研究方向: 冶金工程材料理化分析。