

Selection of corrosion-resistant materials and welding processes in petrochemical installation

Zhuliang Wang Fuyan Ben Wenjie Ren

Zhejiang Industrial Equipment Installation Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310022, China

Abstract

The petrochemical industry is one of the important infrastructure in modern industry. However, due to the complex environment involved in its production process, such as high temperature, high pressure, and highly corrosive media, corrosion of equipment and pipelines has always been a key factor affecting its safety and economy. Corrosion not only shortens the service life of equipment, but may also cause major accidents, resulting in serious economic losses and environmental pollution. Therefore, selecting suitable corrosion-resistant materials and adopting advanced welding processes are crucial for improving the corrosion resistance of petrochemical equipment. The selection of corrosion-resistant materials involves multiple aspects such as chemical stability, mechanical properties, and cost-effectiveness, and the optimization of welding processes can effectively improve the corrosion resistance and mechanical properties of materials. This article will deeply analyze the types and characteristics of corrosion-resistant materials, explore their applications in petrochemical equipment, and discuss corresponding welding technologies, in order to provide practical and feasible solutions for the petrochemical industry.

Keywords

petrochemicals; corrosion-resistant materials; welding processes; corrosion; equipment maintenance; welding technology

石油化工安装中耐腐蚀材料的选择与焊接工艺

王祝良 贲福延 任文杰

浙江省工业设备安装集团有限公司, 中国·浙江 杭州 310022

摘要

石油化工行业是现代工业中重要的基础设施之一,然而,由于其生产过程涉及高温、高压、强腐蚀性介质等复杂环境,设备和管道的腐蚀问题一直是影响其安全性和经济性的关键因素。腐蚀不仅能缩短设备的使用寿命,还可能引发重大事故,造成严重的经济损失与环境污染。因此,选择合适的耐腐蚀材料和采用先进的焊接工艺对于提升石油化工设备的耐腐蚀性能至关重要。耐腐蚀材料的选择涉及材料的化学稳定性、力学性能以及成本效益等多个方面,而焊接工艺的优化则可以有效地提高材料的耐腐蚀能力和机械性能。本文将深入分析耐腐蚀材料的种类与特性,探讨其在石油化工设备中的应用,并讨论相应的焊接技术,以期为石油化工行业提供切实可行的解决方案。

关键词

石油化工; 耐腐蚀材料; 焊接工艺; 腐蚀; 设备维护; 焊接技术

1 引言

石油化工行业作为现代化工业的主要基础,在其生产过程中有不少难题,其中以设备及管线的腐蚀最为典型,导致设备寿命缩减,严重时也会造成事故,造成难以承受的经济损失和环境污染,因此选择合适的防腐材料、运用先进的焊接工艺对石油化工设备的防腐性能十分重要。材料的选择需要参考其化学的稳定性、物理特征和性价比,而焊接工艺的优化更是可以大幅提高材料的防腐能力和机械性能,本文深入分析各类防腐材料的优缺点及应用,提及相关的焊接工

艺,以期能实际有效地解决石油化工领域的相关问题。

2 石油化工环境中的腐蚀问题概述

2.1 石油化工装置的腐蚀环境分析

在石油化工工业的生产过程中,由于所用原料、化学反应及工作环境复杂,设备经常承受着极端的腐蚀环境,而腐蚀情况主要是由于高温、高压、强酸强碱、含盐等各种环境引起。此类装置需要用于原油的开采、精制以及运输等,常见的腐蚀性物质有硫化氢(H₂S)、二氧化碳(CO₂)、氯离子(Cl⁻)等腐蚀性物质存在。这些化学物质与水、气体及金属表面接触后发生一系列化学反应并且形成一些腐蚀介质,由此对设备造成破坏。如硫化氢可以与金属结合生成硫化物,造成金属材料出现点蚀现象;同时氯离子的存在也会

【作者简介】王祝良(1972-),男,中国浙江衢州人,本科,从事工业安装管理技术研究。

增强应力腐蚀破裂的可能,给设备正常使用年限及安全性造成极大的影响。因此,对于石油化工装置所处的腐蚀环境进行全面分析研究,是选择最适合腐蚀性物质的最佳抗蚀材料的重要一步。

2.2 腐蚀对设备安全与运行的影响

腐蚀是影响石油化工设备安全高效运行的重要因素。首先是腐蚀会导致设备强度降低、韧性减弱,增加设备损坏或发生故障的可能性。如果发生设备泄漏或损坏,除了造成物资损失外,还可能引发爆炸、火灾等安全事故,危害人员安全。同时,设备由于腐蚀而降低使用周期,需要经常检修、更换备件,会增加生产成本、降低企业经济收益。而且有些关键设备由于腐蚀可能导致系统停工或生产中止,降低了设备的生产效率。最后,设备发生腐蚀会导致不能稳定运行,造成产品品质和合格率下降,影响产品市场竞争力。因此,防腐是确保石油化工装备安全、高效运行的关键^[1]。

2.3 耐腐蚀材料在石油化工中的重要性

随着石油化工工艺的发展,装置的环境愈加复杂化并且对腐蚀的抵抗性也越来越差,如何应对这一挑战,抗腐蚀材料是一种不得不采用的措施,抗腐蚀材料能够防护金属或其他介质在腐蚀下的溶解或者破坏,从而延长设备的使用寿命、提高设备的安全性以及降低设备的维护成本。在石油化工生产过程中,抗腐蚀材料被广泛应用于反应器、管道、储罐、泵、阀门等核心设备中。选择合适的抗腐蚀材料,提高了设备的使用寿命和稳定性,同时也提高了工作效率,进一步降低了企业的总运营管理成本。因此,抗腐蚀材料是石油化工领域的一项重要地位。

3 耐腐蚀材料的选择原则与类型

3.1 耐腐蚀材料的选择原则

选择防腐材质主要是从其抵抗酸碱气体及各类腐蚀性物质的能力、韧性足以承受使用过程中的高热、高压等环境、强度高且具有耐磨耐冲击性以满足碰撞、摩擦等风险、成本控制较低等影响因素进行综合考量。既要确保在使用年限和工作效率上的成本控制,也需要尽量满足其加工便利、可焊性及便于安装维护的性能要求。

3.2 常用耐腐蚀材料类型及其特性

3.2.1 不锈钢

不锈钢作为一种广泛应用于防蚀的材质,几乎被广泛地应用在各种各样的反应容器、管道以及储罐中。不锈钢有304和316等类型,其中不锈钢316含钼的元素,抗氯离子侵蚀的效果就更强一些。尽管不锈钢具有良好的防蚀效果,但是在一些强酸、含Cl⁻高腐蚀的环境中仍可能受到腐蚀,需要根据具体工况来确定是否适合选用。

3.2.2 钛合金

钛合金因为良好的耐腐蚀性,在石油化工行业中占有重要的位置,钛合金能够经受剧烈氧化,在浓酸、浓碱、高

温下仍能保持良好的性质,因此被大量用于海水中、酸性气体等恶劣环境中。但由于钛合金价格昂贵,使其主要用于要求抗腐蚀性高的设备中。

3.2.3 耐腐蚀塑料

ptfe 聚四氟乙烯材料和 pe 聚乙烯材料,耐酸碱性强,可在高腐蚀条件下长期使用,具有质轻、易加工、价廉等优点,可用于部分非压力容器及零件,但它们的耐温性较差。

3.2.4 陶瓷材料

因其化学稳定性好、耐腐蚀性好以及耐磨损的特点,因而陶瓷在石油化工设备中得到广泛应用,尤其在石油、化工企业对腐蚀要求较高的部位,如反应釜及管道内壁涂层等,其优异的化学稳定性使其可在较高温度、强酸强碱等苛刻条件下仍保持良好的工作状态,延长设备及结构的使用寿命,但其硬度不足,因此,在外力作用或承受过大的外力负载下易断裂,故陶瓷的应用有一定局限性,主要适用于在高压、剧烈震动等严苛的工作环境中,同时还需要将陶瓷与其他物体有效的结合起来,一般用焊接、粘接等方法,并保证焊接、连接位置的强度和长期可靠性^[2]。

4 耐腐蚀材料的焊接工艺特点与挑战

4.1 不同耐腐蚀材料的焊接性评估

对于各耐蚀性材质的接合性能受到材质的成分、结构和物理性能的影响会产生不同的特性。例如,常见的耐蚀金属如不锈钢、钛合金和耐蚀性塑料等均需要对其焊接性能进行考察,因为不同类型材质在焊接中遇到的难点又各不相同。例如,由于不锈钢中铬、镍、钼等的添加可以使其耐蚀性能得以提高,但是也会在焊接的过程中析出或发生偏析现象,导致焊缝处出现耐蚀性能下降。因此在焊接不锈钢的过程中还需要注意对热量输入的控制,避免热影响区(Zone of Heat Affected, HAZ)受热温度较高,引起晶粒粗大以及碳化物析出。另外,钛合金具有较强的氧化性和氮化性,在较高温度下尤其明显,因此在焊接过程中应该时刻注意观察周围气氛情况,避免氧气与氮气的进入,这对于确保焊接质量至关重要。同时像耐腐蚀性塑料 PTFE 之类的黏性较好的材质虽然在焊接方面简单,但是因为它的熔点极低且容易变形,很容易出现气孔现象或者焊缝接头不够牢靠。因此针对各特殊耐蚀性材质还需要根据具体物理与化学性能来设计焊接工艺,以便于确保焊接接头的力学性能与耐蚀性能^[3]。

4.2 焊接工艺参数的优化

在进行焊蚀金属材料的焊接工艺过程中,掌握合理的焊接参数是控制焊接质量的重要前提。首先,根据不同件体厚薄程度、材料种类和周围的环境调整工艺参数。例如,焊电流强度、电压、速度和气体流量等。若电流过大,则容易产生超过一定限度的吸热,从而导致材料过度加热,形成粗大的晶粒和大块的腐蚀敏感组织。若焊速过快则容易导致焊接区域不会达到融合状态,影响焊接缝的强度和耐蚀性。通

过实验方式获得最优的工艺参数范围,再使用检测手段对焊接过程进行实时控制。其次,控制焊接保护气体的使用种类。对于不锈钢、钛材的焊接,我们一般选择氩气、氦气或混合气体作为保护气体,从而让焊接区域不受损坏,避免产生氧化现象、进杂质等。通过对焊接工艺的改进,能够有效提高接头质量,并确信焊接点有足够的耐蚀能力,从而延长设备使用寿命和安全性能。

4.3 焊接过程中防止腐蚀的措施

防止焊接过程中出现腐蚀主要是从焊接部位出现腐蚀或者热影响区出现腐蚀的问题入手。热的影响范围导致温度的不均衡变化可能会引起材料晶格结构的变化,因此温度不均衡也可能产生易于腐蚀的区域,因此要想防止焊接接头腐蚀必须控制焊接过程中的温度升高过程,运用适当的热能管理方式避免过度加热的影响。同时还要有充足防护气的流动,抵御空气中氧气和水的侵蚀,进而避免破坏焊接部位。特别是钛合金和不锈钢的焊接,可以在焊接过程中采取预先加热后退火的方法,避免物表生成氧化层的现象,进而保持较高的抗腐蚀力^[4]。另一方面,对于焊后也要进行处理,比如对于不锈钢的焊接接头,普遍会选择采用氮气或者酸液清洁的方法,去掉可能产生的铁锈以及氧化物等杂质,修复金属表面上的钝化膜等。综上所述,防腐工作一定要考虑调节焊接参数、改善防护气体质量以及清理焊后等多方面的影响,进而确保焊接接头的强防腐性^[5]。

5 耐腐蚀材料焊接工艺的应用案例与效果分析

5.1 典型石油化工设备中的耐腐蚀材料焊接应用

石油化工行业耐蚀合金焊接技术大量应用于各类装置中,如反应器、管道、储罐和泵阀等。例如,在部分原油加工工艺的高温反应器、酸气净化系统内,这些设备内部部件通常选用不锈钢316L、钛等金属进行焊接,这类装置通常工作于高温、高压、强腐蚀环境,要求具有优异的耐腐蚀性。为防止因腐蚀性引起设备损坏,接头应具备较强的耐蚀性能。此外,部分储罐和管道系统结构受到硫、氯离子等腐蚀介质的破坏,而耐腐蚀性强的钢(如钛、Hastelloy等)对其具有明显增强设备使用寿命周期和可靠性的作用。在这一应用场合,焊接技术进步以及适配材质的选择直接关系到设备的耐蚀性及经济性。

5.2 焊接工艺对设备耐腐蚀性能的影响

焊材在设备的抗腐蚀性中发挥着决定性的作用,尤其是在设备和零件的连接部位的耐腐蚀性、设备连接的耐高温的部位等。优化和调整焊接形式可确保焊缝连接部位的一致

性,解决高热或过冷的不均问题,提升焊接部位的耐腐蚀性能。部分实际应用中,通过这一优化延后了设备的应用时间,降低了腐蚀发生的概率。例如,在石油天然气的输送管道的焊接过程中,采用合理热保护以及热处理方式,使得焊缝在腐蚀介质环境下表现出与本体材料近似的耐腐蚀性,显著提升了管道使用的安全性。合理的焊接方法也能减少焊缝内应力集中,避免由于应力腐蚀而产生断裂现象。因此,焊缝对设备的综合防腐性能有着关键性的影响,应根据实际情况调整。

5.3 焊接工艺改进与未来发展趋势

随着技术的发展,防腐材料的焊接技术也将不断地完善,未来焊接技术将更加注重精确、高效、节省能耗等特点。例如,使用激光焊接技术或者钨极惰性气体焊接(TIG)技术可实现更加优化的热管理,有利于克服热影响问题。此外,随着自动化程度的提高,焊接技术的稳定性和重现性也将得到极大的提高。进一步,焊缝表面的处理手段,如电子打磨、氧化处理等,能提高焊缝的抗腐蚀性能,保证机器长期安全可靠运行。长期来讲,随着油气加工领域的对设备防腐性能要求的提高,防腐材料的焊接技术也将不断发展,以满足更苛刻的使用环境要求,从而提升设备的综合性能和经济性。

6 结语

总而言之,石油化工行业对选用抗腐蚀材料以及采用焊接工艺都有十分严格的要求。通过选用合适抗腐蚀材料并采用先进的焊接技术,可以有效提高石油化工设备的抗腐蚀性能,降低设备的检查和维修频率,从而节约生产成本,延长设备使用寿命,确保生产的稳定运行。随着科技不断的进步,在材料学和焊接技术方面的发展会为石油工业提供更多的可能的解决方案。因此,针对抗腐蚀材料、焊接工艺继续进行进一步的分析和探索是改善石油化工设备性能的必经之路。

参考文献

- [1] 刘峰;张晨. 石油化工安装中耐腐蚀材料的选择与应用研究[J]. 石油工程技术, 2023(5): 45-48.
- [2] 王磊;周亮. 耐腐蚀材料在石油化工设备中的焊接工艺研究[J]. 化工机械与设备, 2022(12): 112-115.
- [3] 李杰;王华. 石油化工安装中耐腐蚀合金材料的焊接性能研究[J]. 焊接技术, 2023(7): 56-59.
- [4] 赵亮;刘强. 耐腐蚀不锈钢在石油化工中的应用与焊接工艺[J]. 现代焊接技术, 2021(10): 89-92.
- [5] 孙凯;刘峰. 高温高腐蚀环境下耐腐蚀材料的选择与焊接工艺优化[J]. 化工装备与技术, 2022(6): 71-74.