

新型焊接材料在化工设备中的应用及性能评估

刘会忠

宁夏英力特化工股份有限公司 宁夏 石嘴山 753200

摘要: 随着化工行业的快速发展,化工设备对焊接材料的要求日益提高。传统焊接材料在应对高温、高压、强腐蚀等极端工况时表现出明显的局限性。本文旨在探讨新型焊接材料在化工设备中的应用现状及其性能评估方法,为化工设备的制造与维护提供理论支持和实践指导。

关键词: 新型焊接材料; 化工设备; 性能评估

引言

化工设备是化工生产过程中的关键组成部分,其性能直接影响到产品的质量和生产安全。焊接作为连接化工设备部件的重要手段,其材料的选择与应用至关重要。新型焊接材料以其优异的力学性能、耐腐蚀性、高温稳定性等特点,逐渐成为化工设备焊接领域的研究热点。

1 新型焊接材料的分类与特性

1.1 金属空间网络结构材料

金属空间网络结构材料作为一种前沿的焊接材料,展现了独特的材料特性与结构优势。其核心构成融合了纤维增强复合材料和金属纳米材料,这两种组分的巧妙结合赋予了材料卓越的性能。纤维增强复合材料以其高强度和高韧性的特性,为整体结构提供了坚实的基础。而金属纳米材料的引入,则进一步增强了材料的耐热性和导电性,使其在高温环境下仍能保持稳定的性能。该材料的最大亮点在于其独特的三维网络结构。这种结构不仅优化了材料的力学性能,还使其在承受复杂应力时能够更有效地分散和吸收应力,从而显著提高了材料的整体稳定性和耐久性。这种独特的结构特性,使得金属空间网络结构材料在焊接应用中表现出色,能够满足对焊接接头高强度、高韧性和高耐热性的严格要求。

1.2 无铅焊接材料

无铅焊接材料是近年来针对环保要求而发展起来的一种新型焊接材料。传统的焊接材料中常含有铅等重金属,对环境和人体健康构成威胁。无铅焊接材料的出现,有效地解决了这一问题,它主要由银、铜、锡、铋等环保无毒的金属元素组成,不含有铅等有害物质,因此在使用过程中不会对环境 and 人体造成污染。无铅焊接材料的另一个显著特点是其热膨胀率与普通焊接材料相近,这使得它在现有设备上生产时,能够保持良好的焊接性能和稳定性。同时,无铅焊接材料还具有良好的润湿性和流动性,能够在焊接过程中更好地填充焊

缝,提高焊接接头的质量。此外,无铅焊接材料还具有较高的抗拉强度和良好的耐腐蚀性,能够在恶劣的环境下保持稳定的性能。

1.3 高性能焊接材料

高性能焊接材料是针对极端工况和特殊应用需求而研发的一类新型焊接材料。这类材料通常具有高强度、高韧性、高耐蚀性以及优异的耐高温性能,能够满足在苛刻环境下对焊接接头的高性能要求。高性能焊接材料的成分设计经过精心优化,常常包含有特殊的合金元素和微量元素,以提升材料的整体性能。例如,通过添加稀土元素可以改善材料的焊接性能和抗裂性;通过调整合金成分的比例,可以获得更佳的力量和韧性平衡。除了成分设计的优化,高性能焊接材料还常常采用先进的制备工艺,如粉末冶金、真空熔炼等,以确保材料的均匀性和纯净度。这些工艺可以有效地去除材料中的夹杂物和气体,提高材料的致密性和焊接接头的质量。

2 新型焊接材料在化工设备中的应用

2.1 储罐与管道

在化工行业中,储罐与管道作为储存和输送化学介质的关键设施,其材质与焊接质量直接关系到生产的安全与效率。新型焊接材料的应用,为储罐与管道的制造与维护带来了显著的提升。对于大型储罐,特别是用于储存高压、高温或腐蚀性介质的储罐,新型高强度、高韧性的焊接材料如金属空间网络结构材料成为首选。这些材料不仅能够承受极端工况下的载荷,还能有效抵抗介质的腐蚀,延长储罐的使用寿命。通过先进的焊接工艺,如埋弧自动焊、气体保护焊等,将这些材料焊接成储罐的壳体、底板等关键部件。针对特定介质,如酸、碱等腐蚀性较强的化学品,储罐的制造可采用具有优异耐腐蚀性的新型焊接材料,如不锈钢、镍基合金等。这些材料通过精细的焊接控制,确保焊缝的质量与母材相当,从而避免介质渗透导致的腐蚀问题。在焊接前对储

罐部件进行预热,可以减少焊接过程中的热应力,降低焊接裂纹的风险。焊接完成后,进行适当的后热处理可以消除残余应力,提高储罐的整体强度。合理的焊接顺序和有效的变形控制措施对于保证储罐的几何尺寸和密封性至关重要。例如,采用分段退步焊、对称焊接等方法可以减少焊接变形,确保储罐的制造精度^[1]。现代长输管道多采用低合金高强度钢,这些钢材具有优良的力学性能和焊接性。新型焊接材料如自保护药芯焊丝、实心焊丝等被广泛应用于管道的焊接中,以满足高效、高质量的焊接需求。对于输送腐蚀性介质的管道,如含CO₂、H₂S和氯化物的油气管道,需要采用具有优异耐腐蚀性的合金材料。这些材料通过特殊的焊接工艺和焊材选择,确保焊缝的耐腐蚀性能与母材一致。根据管道的材质、壁厚和焊接位置等因素,合理设定焊接电流、电压、速度等工艺参数,以确保焊缝的质量。

2.2 泵与阀门

针对化工介质中常含有的腐蚀性成分,泵体及叶轮等关键部件常选用不锈钢、镍基合金等具有优异耐腐蚀性的新型焊接材料。这些材料通过先进的焊接工艺,如激光焊接、TIG焊等,确保焊缝的耐腐蚀性能与母材一致,延长泵的使用寿命。对于需要承受较高压力或转速的泵,如离心泵、柱塞泵等,泵体及关键传动部件常采用高强度焊接材料,如双相不锈钢、高强度低合金钢等。这些材料通过合理的焊接设计和工艺控制,提高泵的承载能力和运行稳定性。全焊接球阀等新型阀门采用球体与阀体的全焊接设计,消除了传统阀门中的密封接触面,提高了阀门的密封性和耐压能力。这种设计需要选用具有良好焊接性的材料,并通过精确的焊接工艺控制,确保焊缝的质量。为了提高阀门在腐蚀性介质中的使用寿命,常在阀门的关键部位如阀座、密封面等堆焊一层或多层耐腐蚀合金。这些合金材料如INCONEL 625镍基焊丝等,通过堆焊工艺与阀门基体牢固结合,形成一道耐腐蚀屏障。泵与阀门中的焊接接头往往对精度要求较高,因此需要采用精密焊接技术,如激光焊接、电子束焊接等。这些技术能够实现高精度的焊缝成形和低的热输入,减少焊接变形和残余应力。为确保泵与阀门的焊接质量,需要实施严格的质量控制措施。包括焊接前的材料检验、焊接过程中的工艺参数监控、焊接后的无损检测等^[2]。通过这些措施,可以及时发现并消除焊接缺陷,提高泵与阀门的整体性能。对于大型或结构复杂的泵与阀门,焊接后常需要进行热处理以消除焊接残余应力。热处理工艺的选择应根据材料的特性和焊接接头的具体情况而定,以确保处理效果。

2.3 化工反应釜

化工反应釜作为化工生产中的关键设备,其制造材料的选择至关重要。新型焊接材料的应用为化工反应釜的性能提升和制造工艺的优化提供了新的思路和实现途径。在化工反应釜的制造中,金属空间网络结构材料的应用尤为突出。这种材料以其高强度、高韧性和高耐热性为特点,特别适用于制造承受高温、高压及腐蚀性介质的反应釜。具体应用时,可以将金属空间网络结构材料作为反应釜的主要结构材料,通过先进的焊接技术将其与其他部件进行连接,形成完整的反应釜结构。这样不仅可以提高反应釜的结构强度,还能增强其耐腐蚀性,从而延长反应釜的使用寿命。同时,无铅焊接材料在化工反应釜的电子控制系统焊接中也发挥着重要作用。由于化工反应釜常常需要配备电子控制系统以实现自动化控制,而无铅焊接材料具有环保、无毒、电气性能良好等特点,因此成为电子控制系统焊接的理想选择。具体应用时,可以使用无铅焊接材料将电子控制系统的各个组件进行焊接,确保系统的稳定运行和环保性。此外,高性能焊接材料也在化工反应釜的制造和维修中发挥着重要作用。这类材料通常具有出色的力学性能和耐环境性能,能够满足反应釜在恶劣工况下的使用要求。在制造过程中,可以使用高性能焊接材料对反应釜的关键部位进行焊接,以提高其整体性能和使用寿命。在维修过程中,也可以使用这类材料进行局部修复或更换,以恢复反应釜的正常运行。

3 性能评估方法

3.1 力学性能评估

力学性能评估是新型焊接材料研发与应用中不可或缺的一环。它主要通过一系列标准化的试验方法,全面、客观地评价材料的力学特性,以确保其在实际应用中的稳定性和可靠性。拉伸试验是力学性能评估的基础。该试验通过施加持续的拉伸力,直至材料发生断裂,以此来测量新型焊接材料的抗拉强度和屈服强度。抗拉强度反映了材料在拉伸过程中所能承受的最大力,而屈服强度则代表了材料开始发生塑性变形时的应力水平。这两个指标对于评估焊接接头在承受拉伸载荷时的性能至关重要。冲击试验则用于评估新型焊接材料的冲击韧性。该试验通过模拟材料在实际应用中可能遇到的冲击载荷,测量其抵抗冲击破坏的能力。冲击韧性高的材料在受到冲击时更不易发生断裂,从而提高了焊接接头的安全性和可靠性^[3]。弯曲试验是另一种重要的力学性能评估方法。该试验通过使材料承受弯曲载荷,测量其弯曲强度和弯曲模量。这些指标反映了材料在弯曲过程

中的变形能力和抵抗弯曲破坏的能力,对于评估焊接接头在承受弯曲载荷时的性能具有重要意义。

3.2 耐腐蚀性评估

耐腐蚀性评估对于新型焊接材料在化工等腐蚀性环境中的应用至关重要。为了全面、客观地评价材料的耐腐蚀性能,通常采用浸泡试验和电化学测试等方法,模拟实际应用中的腐蚀环境,对材料进行严格的测试与分析。浸泡试验是一种直观的耐腐蚀性评估方法。该试验将新型焊接材料浸泡在特定的腐蚀介质中,如酸、碱、盐溶液等,经过一定的时间后,观察材料的表面变化,测量其腐蚀速率。通过比较不同材料在相同介质中的腐蚀速率,可以评估其耐蚀性能的优劣。同时,浸泡试验还可以观察材料腐蚀过程中的形貌变化,进一步分析其耐蚀机制。电化学测试是另一种重要的耐腐蚀性评估方法。该测试通过测量材料在腐蚀介质中的腐蚀电位和极化曲线等指标,评估其耐腐蚀性能。腐蚀电位反映了材料在腐蚀介质中的热力学稳定性,而极化曲线则揭示了材料在腐蚀过程中的动力学行为。通过电化学测试,可以深入了解材料的耐蚀机制,如钝化、膜保护等,为材料的研发和应用提供理论支持。在耐腐蚀性评估过程中,还需要考虑腐蚀介质的浓度、温度、流速等因素对材料耐蚀性能的影响。通过改变这些条件,可以模拟不同的腐蚀环境,对材料进行更全面的评估。同时,还可以结合力学性能评估,综合评价新型焊接材料在腐蚀性环境中的整体性能。

3.3 高温性能评估

高温性能评估是针对新型焊接材料在高温环境下应用的重要考量。为了准确评估材料在高温工况下的性能表现,需要进行一系列专业且细致的测试,包括热稳定性、抗氧化性和抗蠕变性等测试。热稳定性测试是评估新型焊接材料在高温下保持其物理和化学性质稳定的能力。该测试通常涉及将材料置于高温环境中,并观察其在一定时间内是否发生结构变化、相变或性能下降。通过热稳定性测试,可以确定材料在高温下的使用温度上

限,以及其在长期高温暴露下的可靠性。抗氧化性测试则是评估材料在高温下抵抗氧化反应的能力。在高温环境中,材料容易与氧气发生反应,导致氧化层的形成和材料的性能退化。抗氧化性测试通过测量材料在高温下的氧化速率和氧化层的性质,来评估其抗氧化性能的优劣。这对于确定材料在高温氧化环境中的使用寿命和性能保持具有重要意义。抗蠕变性测试是评估材料在高温和应力作用下抵抗蠕变变形的能力。蠕变是材料在高温和长时间应力作用下发生的缓慢而连续的塑性变形^[4]。抗蠕变性测试通过测量材料在高温应力下的蠕变速率和蠕变断裂时间,来评估其抗蠕变性能的强弱。这对于确定材料在高温设备中的承载能力和使用寿命至关重要。这些测试有助于确定材料在高温设备中的应用范围和限制条件,为材料的研发和应用提供了重要的参考依据。同时,随着科学技术的不断进步和新型焊接材料的不断涌现,高温性能评估方法也将不断完善和发展,为焊接技术的进步和应用提供更加坚实的支撑。

结语

新型焊接材料以其优异的力学性能、耐腐蚀性、高温稳定性等特点,在化工设备领域展现出广阔的应用前景。通过科学合理的性能评估方法,可以全面了解新型焊接材料的性能特点和应用潜力,为化工设备的制造与维护提供有力支持。未来,随着科学技术的不断进步和环保意识的日益增强,新型焊接材料的研究与应用将更加深入广泛,为化工行业的发展注入新的活力。

参考文献

- [1]戴婧.石油化工装置焊接材料的选择[J].中国高新技术,2018,(03):92-94.
- [2]李磊.石油化工油气管道焊接接头断裂韧性评定[J].焊接技术,2023,52(06):103-107+130.
- [3]陈钦桦,李武俊,马尚城.焊接工艺和材料的理化反应对钢结构性能的影响[J].粘接,2023,50(03):56-59.
- [4]郭冬梅.化工设备安装中的焊接质量控制研究[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(23):24-26.