

锅炉和压力容器及压力管道

检验中裂纹问题及防治对策研究

信连凯 邵云霞 (东营市成功石油科技有限责任公司, 山东 东营 257000)

摘要: 锅炉和压力容器及压力管道的安全使用对人员和财产具有重要意义。裂纹问题是这些设备中的一种常见缺陷, 如果及时发现和处理, 将对设备的安全性和稳定性造成严重威胁。因此, 从多角度研究裂纹问题及防治对策是至关重要的。本文通过对不同类型设备中裂纹问题的分析和研究, 提出了一些针对性的防治对策, 包括定期检查和维修、合理的设计和施工以及采用高性能材料等。这些对策可以有效地预防和控制裂纹问题, 提高设备的安全性和可靠性, 保障设备的正常运行。

关键词: 锅炉和压力容器; 压力管道检验; 裂纹问题; 防治

锅炉和压力容器以及压力管道在工业生产和能源领域中发挥着至关重要的作用。它们供应热能和压缩空气, 驱动生产设备, 实现工业过程的顺利进行。然而, 这些设备在长期使用过程中会面临一系列潜在的问题与挑战, 其中最常见且具有严重危害性的问题之一就是裂纹。裂纹问题具有突发性和隐蔽性, 如果不及及时发现和处理, 可能会引发设备的破裂、漏气、泄露或爆炸等严重事故, 对人员和设备造成巨大的伤害和灾难。因此, 对裂纹问题进行深入研究, 制定有效的防治对策显得至关重要。本文旨在通过对锅炉、压力容器和压力管道中裂纹问题以及防治对策的研究, 提供一种综合的理论基础和实践指导。通过了解和分析不同类型设备中裂纹问题的成因、特征和发展规律, 可以制定有效的预防和控制措施。这些措施包括定期检查和维修、合理的设计和施工、材料的选择和监测等。通过深入研究裂纹问题, 可以提高设备的安全性和可靠性, 保障工业生产和能源供应的顺利进行, 最大程度地确保人员和财产的安全。

1 锅炉和压力容器及压力管道检验的重要性

锅炉、压力容器和压力管道是工业生产中承载高温高压介质、密封性要求极高的重要设备。由于其使用环境的复杂性和高风险性, 对其进行定期检验非常重要。锅炉、压力容器和管道在长期使用中会受到压力、温度等因素的影响, 可能导致腐蚀、裂纹等损伤, 最终释放出来的高压高温介质将导致事故的发生, 造成人身伤害和生产设备的重大损失。通过定期检验, 能够及时发现问题, 采取保障措施, 降低事故发生的概率。其次, 锅炉、压力容器和管道的检验需要严格

遵守相关标准和规定, 检验过程包括外观检查、材料检测、压力测试、安全阀测试等, 检验数据应当完备、准确, 提供了重要的数据支持, 为企业的管理决策、技术升级、设备改进提供了有力的支持。因此, 锅炉、压力容器和管道的定期检验对保障人员的生命、财产安全以及设备的正常运行状态有着非常重要的意义。

2 锅炉压力容器压力管道检验的内容及方法

2.1 检验内容

①外观检查: 主要检查设备的表面是否有裂纹、腐蚀、变形等情况; 检查设备的密封部位是否完好; 检查焊缝是否有裂纹或疏松等缺陷; ②材料检测: 对设备的材料进行化学成分分析, 以确保材料符合标准要求; 进行金相组织检测, 观察材料内部是否存在缺陷; ③压力测试: 通过在设备内施加一定压力, 并持续一段时间来检测设备的密封性和耐压性能。常用的压力测试方法有水压试验、气压测试、超声波检测等; ④安全阀测试: 对设备上的安全阀进行测试, 检查其开启压力和密封性能是否符合标准要求; ⑤耐压试验: 针对特定设备, 如锅炉、压力容器等, 进行一段时间的负载运行测试, 以验证设备在持续高温高压下的使用性能; ⑥管道系统检查: 对管道系统进行检查, 包括管道连接、支撑、补偿装置等的完整性和可靠性。

2.2 检验方法

①目视检查: 通过直接观察设备的外观, 检查是否有裂纹、变形、腐蚀等情况; ②放射性检测: 通过使用射线、 γ 射线或X射线等辐射源, 对设备的材料进行检测, 以发现材料内部的缺陷; ③超声波检测: 利用超声波的原理, 对设备进行检测, 可以发现焊缝、

材料内部的裂纹、疏松等缺陷；④磁粉检测：通过在设备表面涂抹磁粉或磁性液体，在施加磁场的情况下观察设备，可以发现设备表面和近表面的裂纹、疲劳等缺陷；⑤温度测量：通过使用温度传感器等设备，对设备表面和内部温度进行测量，以验证设备的工作温度是否正常；⑥压力测试：可以使用水压试验或气压试验等方法，通过施加一定的水压或气压，检测设备的密封性和耐压性能；⑦确定安全阀开启压力：通过安装压力表，逐渐增加压力并观察安全阀的开启压力，以验证其是否符合标准要求；⑧负载运行测试：对特定设备，如锅炉、压力容器等，进行持续一段时间的负载运行，观察设备的工作情况和性能。

3 锅炉压力容器压力管道检验中裂纹问题

3.1 焊接裂纹

焊接裂纹产生的原因主要有两个方面：焊接过程中的热引起的热应力和冷却过程中的收缩应力。焊接过程中的热应力是指由于焊缝中温度的变化和膨胀系数的差异，材料产生的内部应力，随着焊接热量的输入和散失，产生热应力。这些应力会对焊接区域产生拉伸和收缩的力，导致焊接区域强度不同，从而在焊缝中产生裂纹。另一方面，焊接完毕后，由于焊缝的热量在散失过程中形成了收缩应力。收缩应力可能会导致焊缝区域的变形和开裂，对已焊接部分的完整性和强度造成危害，进而导致焊接裂纹。综上所述，焊接裂纹的产生与热应力与收缩应力有关。在焊接过程中，必须逐步加工焊接区域，使用焊接动力学和潜力，提高焊接速度，控制焊接温度变化，以尽量减少因热应力导致的焊接裂纹的产生。对于大型或复杂的焊接过程，应用焊前、焊缝和焊后工艺优化技术，以确保焊缝完整性，并减少焊接裂纹的产生。

3.2 疲劳裂纹

疲劳裂纹的产生原因与材料的循环或交替加载有关。在设备的使用过程中，由于外部力的作用，材料内部会经历循环或交替加载。这样的加载过程会导致材料内部应力分布的不均匀，有高应力区和低应力区之分。在高应力区，材料的塑性变形会引起微小的裂纹，如果重复施加应力，则这些裂纹可能会逐渐扩展并最终导致疲劳裂纹的形成。这使得设备的强度和密封性能受到损害，从而对设备的安全运行造成了威胁。

疲劳裂纹的产生通常受到多种因素的影响，包括材料的硬度、细晶度、缺陷的存在、加载频率、材料的微观组织等。对于金属材料，疲劳裂纹的发生可能出现在焊接接头、高应力部位等。

3.3 应力腐蚀裂纹

在特定环境下，如高温、高压、腐蚀介质等作用下，材料的腐蚀性能和抗应力腐蚀性能降低，易产生应力腐蚀裂纹。如果设备所处的环境中存在一定的腐蚀性介质，且该介质可以侵蚀材料的表面，形成腐蚀坑。在材料表面生成的这些腐蚀坑，是应力腐蚀裂纹产生的起点。在特定环境下，受到的应力越大，材料的抗腐蚀性能就越低，腐蚀过程加速，裂纹的发生可能更为严重。应力可能来自于多方面，例如弯曲、轴向或环向压力等。是材料性质的限制。一些材料在特定腐蚀环境下，其抗应力腐蚀能力很低。例如高强度的金属材料，在强应力和恶劣腐蚀环境的作用下极易发生应力腐蚀裂纹。

3.4 冷裂纹

冷裂纹是一种在材料冷却过程中形成的裂纹。它主要发生在高温材料的焊接、热处理或热成形等工艺过程中。冷裂纹的产生与材料的组织变化、应力积累和冷却速率有关。在高温下，材料会发生晶粒长大、相变、残余应力积累等变化。当材料冷却速率较快时，由于焊接、加热或变形等工艺过程引起的热应力没有得到充分的释放，导致应力集中。在这种情况下，应力超过材料的抗拉强度时，就会形成冷裂纹。冷裂纹的形成还受到材料的化学成分和微观结构的影响。例如，焊接材料中的含氢元素、金属中的夹杂物等都会促使冷裂纹的形成。此外，材料的冷却速率也是冷裂纹产生的关键因素。当冷却速率较大时，材料内部的残余应力不能逐渐释放，从而加剧了冷裂纹的形成。

4 锅炉压力容器压力管道检验中裂纹问题控制对策

4.1 合理设计和选用材料

合理设计和选用材料对于锅炉、压力容器和压力管道的性能和安全至关重要。在设计过程中，需要考虑到设备所处的工作条件和环境，包括温度、压力、介质、工作周期等。这些因素会对材料的选择和设备结构的设计产生影响。选择具有足够高强度、韧性和可靠性的材料，以满足设备的承载能力和耐久性要求。如轴向和循环应力等。根据设备运行环境中的介质特性，选择具有良好抗腐蚀性能的材料。如耐酸碱、耐高温、耐腐蚀等。对于需要焊接的部件，材料的焊接性能也是一个重要考虑因素。确保材料与焊接材料相容性良好，焊接后具有良好的焊缝强度和密封性。除了以上考虑因素外，还应考虑材料的可用性和成本。合理平衡所需的性能和经济效益，选择在满足要求的

情况下具有最佳成本效益的材料。因此,合理设计和选用材料需要综合考虑设备的工作条件、所需的力学性能、抗腐蚀性能、焊接性能以及可用性和成本等因素。这样可以确保设备在使用过程中具有良好的性能和安全性,并满足实际应用需求。

4.2 采用非破坏性检测方法

采用非破坏性检测方法可以在不损坏设备及构件的情况下,对设备或构件表面和内部的缺陷进行检测和评估。这种方法可以保持设备的完整性,减少维修费用和停机时间,提高设备维修的效率和准确度。例如:利用超声波在材料中传播和反射的原理,检测样品或构件内部的缺陷,并评估其大小和深度。磁粉检测主要用于检测构件表面的开裂、裂纹等缺陷,通过涂上磁性粉末和施加磁场来检测表面上的缺陷。采用X射线辐射照射构件,通过对穿透物体后向探测器所测量的剩余辐射强度进行分析计算来检测材料中的缺陷。采用各种非破坏性检测方法可以对设备中隐蔽的缺陷进行及时检测和评估,因此可以及早发现潜在的安全隐患和设备缺陷。同时,对缺陷设备及时维修和保养,可以有效地延长设备寿命,确保设备的安全运行。

4.3 加强设备维护和保养

加强设备维护和保养对于确保设备的正常运行和延长设备的使用寿命至关重要。定期进行设备的检查和清洁,包括清理设备表面、清除积尘、油污或其他杂质等。这有助于保持设备的正常运行和散热,防止杂质对设备造成损害。定期检查设备所需的润滑油、润滑脂或其他维护液体的状态,确保其正常工作。根据制造商的要求,及时更换润滑和维护液体,以保持设备的良好运行状态。焊接接头和焊缝是设备中的重要连接部分,定期检查焊接接头的完整性、裂纹和腐蚀是否存在。如发现问题,及时修补或更换焊接接头,以避免进一步损坏。设备中的某些关键零件可能会因长时间的使用而磨损或老化,定期检查并根据需要更换这些零件。同时,根据设备性能和制造商的推荐,考虑升级设备的关键部件,以提高其性能和可靠性。

建立健全的故障记录系统,及时记录设备的故障和维修情况。对于频繁出现故障的设备,分析原因并采取相应措施,以改进设备的维护和保养。通过加强设备维护和保养,可以及时发现设备的问题并进行修复,减少设备故障和停机时间,延长设备的使用寿命,提高设备的可靠性和生产效率。同时,规范的维护和保养措施还可以降低事故和安全风险,确保人员和设

备的安全。

4.4 加强操作和监控

加强操作和监控对于确保设备运行的安全性和高效性至关重要。确保所有操作员经过专业培训,并持有相应的操作授权。他们应了解设备的正常操作程序、安全操作规程和紧急情况处理方法。通过培训和授权,操作员可以正确地操作设备,避免操作错误引发事故或设备损坏。制定规范的操作规程和标准操作程序,包括设备启停程序、设备运行参数设定、线路切换等。操作员应严格按照规程和标准程序进行操作,确保设备的正常运行。安装实时监控和报警系统,对设备的关键参数进行实时监控。当参数超过设定范围或设备出现异常时,系统能够及时报警,通知操作员采取相应的措施,以防止事故的发生或损坏的进一步扩大。定期巡检设备,检查关键部件的工作状态和健康状况。对于发现的问题,及时维修或更换,以避免进一步损坏。对设备的运行数据进行定期分析,识别潜在的问题和异常情况。通过故障诊断技术,及时发现问题,并采取适当的措施进行修复,以确保设备的高效运行。通过加强操作和监控,可以提高设备的安全性和稳定性,减少设备故障和停机时间,提高生产效率和产品质量。同时,规范的操作和监控还可以降低事故和安全风险,保护人员和设备的安全。

5 结束语

锅炉和压力容器以及压力管道的裂纹问题是一个复杂而严峻的挑战,需要持续的关注和研究。本文通过对裂纹问题的分析和防治对策的研究,提出了一些有效的方案和措施,旨在提高设备的安全性和可靠性。然而,要实现全面的防治裂纹问题,还需要进一步加强监测技术的发展,不断提高设备的设计和制造工艺,加强操作和维护的规范管理。只有通过多层次、多方位的努力,才能够有效地减少裂纹问题的发生,提升设备的安全性和可持续运行能力。

在未来的研究和实践中,应该继续开展深入的理论和实验研究,探索新的检测方法和技术,完善设备的预防性维护和管理系统。同时,加强相关规范和标准的制定和执行,促进行业的合作和信息共享,形成共同应对裂纹问题的力量。只有这样,才能不断提升设备的安全性和应对裂纹问题的能力,为工业生产和能源供应提供更可靠和可持续的支持。

参考文献:

- [1] 潘绍祥. 漫谈锅炉压力容器压力管道检验中裂纹问题及对策[J]. 中国设备工程, 2020(21):2.