

Discussion on the Common Nondestructive Testing Methods for Pressure-bearing Special Equipment

Hongwei Han

China Special Equipment Testing and Research Institute, Beijing, 100029, China

Abstract

Pressure-bearing special equipment is widely used in industry and life, but due to the complexity of its operating environment, its safety has attracted much attention. To ensure the reliability of the equipment, nondestructive testing becomes a key technology. This paper aims to explore the common nondestructive testing methods of pressure special equipment, including ray detection, ultrasonic testing and magnetic powder detection. These methods can detect internal and surface defects without damaging the integrity of the equipment, and prevent equipment failure in advance, thus ensuring the safety of personnel and the environment. The paper also emphasizes the importance of nondestructive testing technology in accident prevention, equipment maintenance, and safety improvement. Through the discussion of this paper, we can gain insight into the key role of nondestructive testing in the field of pressure-bearing special equipment and its potential in technology development and security in the future.

Keywords

pressure type special equipment; nondestructive testing; safety

承压类特种设备常用无损检测方法探讨

韩红伟

中国特种设备检测研究院, 中国·北京 100029

摘要

承压类特种设备在工业和生活中的应用广泛,但由于其操作环境的复杂性,其安全性备受关注。为确保设备的可靠性,无损检测成为一项关键技术。论文旨在探讨承压类特种设备常用的无损检测方法,包括射线检测、超声检测和磁粉检测等。这些方法能够在不破坏设备完整性的情况下,发现内部和表面的缺陷,提前预防设备故障,从而确保人员和环境的安全。论文还强调了无损检测技术在事故预防、设备维护和安全性提升方面的重要性。通过论文的探讨,可以深入了解无损检测在承压类特种设备领域的关键作用,以及未来其在技术发展和安全保障方面的潜力。

关键词

承压类特种设备; 无损检测; 安全

1 引言

在现代工业与生活中,承压类特种设备扮演着不可或缺的角色,如锅炉、压力容器和压力管道等。然而,这些设备在高压、高温等恶劣环境下运行,其安全性和可靠性面临严峻挑战。设备的缺陷可能导致事故,危及人员生命和环境安全。因此,确保这些特种设备的安全性至关重要。无损检测技术作为一种非破坏性的测试手段,在实现设备长期、稳定运行方面具有不可替代的作用。通过对设备内部和外部的检测,无损检测技术能够及早发现材料缺陷、腐蚀、裂纹等问题,从而预防潜在风险,提高设备的可靠性。在这个背景下,论文将探讨承压类特种设备常用的无损检测方法,旨在深入了解这些方法在确保设备安全性方面的重要性与应用。

【作者简介】韩红伟(1975-),男,中国河北石家庄人,硕士,工程师,从事承压类特种设备检验检测研究。

2 无损检测在承压类特种设备中的重要性

2.1 无损检测的概念与意义

无损检测作为一项关键技术,通过物理手段,如声波、电磁波、射线等,对材料和构件进行检测,无须破坏设备的完整性。这种非破坏性的测试方法能够深入评估设备的内部结构和质量,从而发现可能存在的缺陷和问题。这正是无损检测的核心概念:在不影响设备正常运行的前提下,通过技术手段来揭示潜在的隐患。其意义不仅在于能够在设备投入使用前、在运行中和维护期间检测到缺陷,更在于能够从根本上预防事故的发生。承压类特种设备在高压、高温等恶劣环境下工作,其内部的微小缺陷可能在运行过程中逐渐扩大,最终导致设备失效,甚至引发严重事故。然而,由于设备的特殊性,传统的破坏性检测方法不仅费时费力,还会影响设备的正常运行,因此无损检测的应用显得尤为重要。通过无损检测,我们可以及早发现材料的裂纹、疲劳、腐蚀等

问题,提前采取修复或更换措施,从而避免了潜在的风险。无论是制造阶段还是设备的运行维护阶段,无损检测技术都能够为工程师和技术人员提供宝贵的信息,指导他们做出正确的决策。

2.2 承压类特种设备的安全挑战

承压类特种设备在工业生产中扮演着关键角色,然而,其工作环境的高压、高温等极端条件也为设备的安全性带来了挑战。这些挑战主要体现在设备的腐蚀、疲劳裂纹等缺陷问题上,这些问题可能引发设备失效,从而危及人员的安全和环境的稳定。首先由于设备在工作过程中接触各种化学介质,如腐蚀性物质、水蒸气等,设备的金属材料容易发生腐蚀。腐蚀会削弱材料的强度和耐久性,导致设备壁厚减薄、结构变形等问题,最终可能引发泄漏甚至爆炸事故。特别是在化工、石油等领域中,设备面临的腐蚀挑战更加严峻^[1]。其次设备在长时间的高温高压工作环境下,容易出现疲劳现象,导致材料产生微小裂纹。这些裂纹可能逐渐扩展,最终引发设备的破裂和失效。特别是在循环工况下,如锅炉、压力容器等,设备的材料可能经历多次加载和卸载,从而加速了疲劳裂纹的扩展速度。另外,传统的无损检测方法可能无法覆盖所有潜在的缺陷,因此可能存在漏检的风险。而一旦潜在缺陷未被发现,就可能在设备运行过程中逐渐恶化,最终引发事故。为了应对这些安全挑战,必须采取有效的措施。首先,定期的无损检测是必不可少的,通过射线检测、超声检测等手段,及时发现设备内部的缺陷,采取相应的维修和替换措施。其次,选用耐腐蚀材料、加强设备的防腐措施,可以减缓腐蚀问题的发展。此外,科学的运行和维护管理也是确保设备安全的重要保障,包括定期的维护、保养和合理的运行参数设置等。

2.3 无损检测在事故预防中的作用

特种设备在高压、高温等恶劣条件下工作,其内部缺陷可能因工作负荷和环境因素的影响逐渐扩大,最终导致设备的失效,甚至引发严重的事故。无损检测技术的应用,能够在特种设备的全生命周期内,及时发现设备内部和外部的缺陷,预防事故的发生,保障人员和设备的安全。在设备制造阶段,无损检测能够检测出可能存在的裂纹、气孔、夹渣等缺陷,确保设备的质量和可靠性。通过对材料的检测,可以排除材料缺陷,保证设备在运行时不会因材料问题导致的事故。在设备运行过程中,通过定期的无损检测,可以发现设备内部的腐蚀、疲劳裂纹等问题。这些问题在运行过程中可能逐渐恶化,最终导致设备的失效。通过无损检测,可以及早发现这些问题,采取及时的维修和更换措施,避免了设备的突发故障,保障了生产的连续性和安全性。在设备维护阶段,无损检测也能够对设备的磨损、老化等情况进行评估。通过检测结果,可以制定合理的维护计划,延长设备的使用寿命,降低维护成本,从而提高设备的可靠性。

3 常用无损检测方法及其原理

3.1 射线检测技术(RT)

射线检测技术(RT)作为无损检测中的重要方法之一,在特种设备领域发挥着重要作用。该技术通过使用X射线或伽马射线,使射线穿透被检测材料,从而检测材料内部的缺陷。其原理是根据射线在材料中的吸收程度来判断是否存在缺陷,如裂纹、夹渣等,以及缺陷的大小和位置,从而为设备的安全性评估提供有力支持。射线检测技术的优势在于其适用范围广,特别适用于厚重金属的检测。压力容器、管道等特种设备常常需要承受高压力和高温环境,这可能引发内部结构的缺陷,如裂纹。射线检测能够穿透材料,不仅检测出材料内部的裂纹,还可以对裂纹的深度、长度等进行定量分析,为工程师提供准确的数据,以便制定修复和维护方案。射线检测技术的应用还体现在设备的质量控制上。在特种设备制造过程中,射线检测可以及早发现制造过程中的缺陷,如焊接过程中的气孔、夹渣等问题,确保设备的质量和可靠性。

3.2 超声检测技术(UT)

超声检测技术(UT)是一种重要的无损检测方法,其原理是利用声波在材料中的传播特性,通过声波的反射、折射和散射来检测材料内部的缺陷,如裂纹、气孔等。在特种设备领域,超声检测技术具有广泛的应用,为设备的质量评估和安全性保障提供了有效手段。超声检测技术的突出优势之一是其适用于检测焊缝、薄壁结构等特殊情况。焊缝作为承受压力和力量的关键部位,往往容易出现裂纹、夹渣等缺陷。通过超声检测,可以准确地探测到这些微小的缺陷,实现对焊缝质量的全面评估。此外,薄壁结构常常是特种设备的关键部件,传统的检测方法可能难以应用。超声波在薄壁结构中的传播受到薄壁的影响较大,因此超声检测技术特别适用于这类情况,可以发现甚至是微小的缺陷,确保薄壁结构的完整性。在超声检测过程中,超声波的传播时间和强度的变化可以提供缺陷的信息,从而实现了对缺陷的定位和定性分析^[2]。由于声波的频率较高,超声检测具有高灵敏度和定位精度,可以探测到微小到几毫米的缺陷,从而及早发现潜在问题。

3.3 磁粉检测技术(MT)

磁粉检测技术(MT)是一种常用的无损检测方法,其原理是通过在材料表面施加磁场,利用磁粉在缺陷附近的聚集现象,检测材料的表面和近表面缺陷,如裂纹和疲劳裂纹。在特种设备领域,磁粉检测技术被广泛应用于各类材料的检测和评估。磁粉检测技术的应用原理相对简单,但其结果却非常可靠。通过在被测材料表面涂覆磁粉,施加磁场后,磁粉会在缺陷附近形成特定的图案,如线状、弧形等,从而揭示出缺陷的位置和形态。这种方法对于表面和近表面的缺陷具有高灵敏度,尤其适用于金属表面的裂纹和疲劳裂纹的检测。磁粉检测技术的优势在于其操作相对简便,无须直接

接触被测材料,因此不会对材料造成二次损伤。同时,磁粉检测也可以应用于复杂形状的设备 and 部件,不受形状限制,具有较大的适用范围。此外,磁粉检测可以通过不同的磁粉类型和施加磁场的方式,适应不同材料和缺陷类型的检测需求。

4 无损检测技术的应用与发展趋势

4.1 承压类特种设备的无损检测实践

承压类特种设备的无损检测实践这种检测方法广泛应用于特种设备的制造、安装和维护等多个阶段,旨在确保设备的安全性和可靠性,预防事故的发生,提高设备的使用寿命。在特种设备的制造阶段,无损检测扮演着质量控制的关键角色。通过射线检测、超声检测、磁粉检测等方法,可以对设备的焊缝、材料内部等关键部位进行检测,确保没有隐藏的缺陷存在。这有助于避免在制造完成后出现不可修复的问题,从而提高了设备的品质和可靠性。在设备的安装阶段,无损检测能够确保设备在投入使用前的安全性。特别是在压力容器、管道等设备的安装过程中,通过超声检测等方法,可以检测到是否存在焊缝问题、腐蚀等情况,以避免在设备投入使用后因为隐藏的问题引发事故。在设备的维护和使用过程中,定期的无损检测也是至关重要的。通过对设备进行定期检测,可以检测其运行状态、磨损情况等,及早发现并处理潜在的问题,从而确保设备的安全运行。例如,锅炉等高压设备的无损检测可以检测到管道内部的腐蚀、裂纹等问题,及时采取维修措施,防止漏水和事故的发生。

4.2 无损检测技术的发展趋势

随着科技的不断进步,无损检测技术正经历着持续的创新和发展,为特种设备的安全性和可靠性提供了更多先进的选择。新兴的无损检测技术,如红外热像技术、声发射技术等,正在逐步应用于特种设备的无损检测领域,为设备的评估和监测提供更多精确、高效的手段。红外热像技术是近年来迅速发展的一种无损检测技术,它利用物体表面的红外辐射来检测物体的温度分布情况,从而反映出可能存在的缺

陷或异常。在承压类特种设备中,红外热像技术可以用于检测设备的温度分布是否均匀,是否存在异常的热点,进而判断设备是否存在隐患。这种技术具有非接触性和实时性的特点,为特种设备的无损检测提供了更便捷的方法。声发射技术是另一种具有潜力的无损检测技术。它通过检测材料中的微小声波信号,识别出材料内部的微裂纹、断层等缺陷^[1]。在特种设备中,声发射技术可以用于监测设备在工作过程中是否产生异常的声音,从而判断设备是否出现了潜在的问题。这种技术对于识别隐蔽缺陷和判断设备的运行状态具有独特的优势。此外无损检测技术在设备的数字化和自动化方面也呈现出新的趋势。随着传感器技术、数据处理技术的不断发展,无损检测可以更加精准地获取数据,并通过算法进行分析和判断,实现设备状态的实时监测和预测。这为特种设备的维护和管理提供了更智能化的解决方案。

5 结语

无损检测方法在承压类特种设备领域的重要性不言而喻。通过射线检测、超声检测和磁粉检测等技术,我们能够准确评估设备的健康状况,预防潜在风险,提高生产安全。随着科技不断进步,未来还将涌现更多创新的无损检测技术,如基于人工智能的分析和更精确的检测方法,进一步提升特种设备的安全性和性能。同时,无损检测技术将在更广泛的领域得到应用,包括新能源设备和高新技术领域,为保障人类安全与可持续发展作出更大的贡献。通过持续的研究和实践,我们有理由相信,无损检测将在特种设备的保障下,为未来社会创造更加稳定和安全的生产与生活环境。

参考文献

- [1] 刘晶,毕瑜,李雪洁,等.承压特种设备无损检测中的常见误区分析[J].现代工业经济和信息化,2023,13(3):257-258+261.
- [2] 霍强.特种设备检测中无损检测技术的应用研究[J].中国设备工程,2021(17):158-159.
- [3] 岳飞.承压类特种设备常用无损检测方法[J].电子技术与软件工程,2019(5):108-109.