

Analysis of Crack Inspection for Pressure Vessels and Pressure Pipelines

Kai Li

Yunnan Special Equipment Safety Testing Research Institute, Kunming, Yunnan, 650000, China

Abstract

With the rapid development of Chinese industry, the pressure vessel and pressure pipeline are more and more widely used in various industries. As the key equipment in industrial production, the safe operation of pressure vessels and pressure pipelines is directly related to the safety of enterprise production and the life and property safety of employees. However, in the actual operation process, due to the influence of materials, design, manufacturing, use and other factors, pressure vessels and pressure pipelines are prone to cracks, resulting in equipment failure and serious accidents. This paper discusses the crack inspection method of pressure vessel and pressure pipeline, analyzes the existing problems in the current inspection, and puts forward the corresponding countermeasures to improve the safety and reliability of pressure vessel and pressure pipeline.

Keywords

pressure vessel; pressure pipeline; crack test

压力容器和压力管道裂纹检验分析

李凯

云南省特种设备安全检测研究院, 中国 · 云南 昆明 650000

摘 要

随着中国工业的快速发展, 压力容器和压力管道在各个行业中的应用越来越广泛。压力容器和压力管道作为工业生产中的关键设备, 其安全运行直接关系到企业生产的安全性和员工的生命财产安全。然而, 在实际运行过程中, 由于材料、设计、制造、使用等多种因素的影响, 压力容器和压力管道容易出现裂纹, 导致设备失效, 引发严重事故。论文对压力容器和压力管道裂纹检验方法进行了探讨, 分析了当前检验中存在的问题, 并提出了相应的对策, 以提高压力容器和压力管道的安全性和可靠性。

关键词

压力容器; 压力管道; 裂纹检验

1 引言

压力容器和压力管道裂纹检测技术的研究, 旨在提高中国工业安全水平, 降低事故发生率。对压力容器和压力管道裂纹的检测与分析具有重要意义。论文针对压力容器和压力管道裂纹的检测与分析, 为中国工业安全提供有力保障。

2 压力容器和压力管道裂纹检验方法

2.1 常规无损检测方法

2.1.1 射线检测

射线检测是一种非破坏性检测技术, 通过利用 X 射线穿透物体并在探测器上形成影像, 从而检测材料内部的裂纹、气泡、夹渣等缺陷。对于压力容器和压力管道, 射线检

测主要用于焊缝内部和材料内部的裂纹检验。将 X 射线源对准被检区域, 对压力容器或管道进行照射; 通过探测器接收穿透后的 X 射线, 并在荧光屏上形成影像; 根据影像上的缺陷形状、大小、位置等信息, 判断是否存在裂纹等缺陷。

2.1.2 超声检测

超声检测是利用超声波在材料内部传播和反射的原理进行缺陷检测的技术。对于压力容器和压力管道, 超声检测主要用于检测材料内部的裂纹、层状缺陷、材料厚度等。将超声波探头置于被检区域, 发射超声波; 超声波在材料内部传播, 遇到裂纹等缺陷时会发生反射; 通过接收反射回来的超声波, 分析反射信号, 判断是否存在裂纹等缺陷; 根据反射信号的特征, 如幅度、时差、频谱等, 对缺陷进行定性和定量分析。

2.1.3 磁粉检测

磁粉检测是针对铁磁性材料的一种无损检测技术。其基本原理是利用工件在磁场中的磁化状态, 通过施加磁粉或

【作者简介】李凯 (1975-), 男, 彝族, 中国云南永仁人, 本科, 工程师, 从事特种设备检验检测、无损检测研究。

磁悬液来揭示工件表面及近表面缺陷。对工件进行磁化工序,使工件表面产生磁场。在工件表面施加磁粉或磁悬液,当磁粉或磁悬液在工件缺陷处发生磁化时,会产生磁痕。观察磁痕,判断缺陷的存在、形状和大小。

2.1.4 渗透检测

渗透检测是一种检测非铁磁性材料表面开口缺陷的方法。其基本原理是利用渗透液渗入缺陷内部,然后通过显色剂使缺陷显现出来。在工件表面均匀涂覆渗透液,让渗透液在工件表面停留一段时间,使渗透液渗入缺陷内部,用清洗剂清除工件表面的渗透液,涂覆显色剂,缺陷处会显示出颜色,观察颜色变化,判断缺陷的存在、形状和大小。

2.2 新型检测技术

2.2.1 声发射检测

声发射检测技术是利用材料在受力过程中产生的声发射信号,来检测材料内部裂纹和缺陷的一种无损检测方法。声发射检测可以实时监测材料内部裂纹和缺陷的发展过程,及时发现潜在的安全隐患。声发射检测对裂纹和缺陷的检测灵敏度较高,能够检测到微小的裂纹。声发射检测是一种非接触检测方法,避免了传统检测方法中可能对材料造成损害的问题。

2.2.2 涡流检测

涡流检测技术是利用电磁感应原理,通过检测涡流在材料表面产生的信号来检测材料内部裂纹和缺陷的一种无损检测方法。涡流检测适用于各种导电材料的裂纹和缺陷检测。涡流检测具有较快的检测速度,适用于大批量检测。涡流检测是一种非破坏性检测方法,不会对材料造成损害。

2.2.3 红外热像检测

红外热像检测技术是利用红外热像仪捕捉物体表面的温度分布,通过分析温度分布变化来检测材料内部裂纹和缺陷的一种无损检测方法。红外热像检测可以将检测到的裂纹和缺陷以可视化的形式展现出来,便于分析和判断。红外热像检测是一种非接触检测方法,避免了传统检测方法中可能对材料造成损害的问题。红外热像检测不受环境因素(如湿度、温度等)的影响,适用于各种环境下的检测。

2.2.4 相控阵超声检测

相控阵超声检测是一种先进的无损检测技术,通过在检测设备中安装多个发射和接收探头,利用这些探头在检测过程中相互配合,实现对压力容器和压力管道内部裂纹的高分辨率成像。相控阵超声检测能够准确识别裂纹的位置、深度、长度等参数,为裂纹的评估和修复提供可靠依据。相控阵超声检测可以检测各种形状、尺寸和材料的压力容器和压力管道,适用性强。

2.2.5 模拟仿真技术检测

模拟仿真技术检测是利用计算机软件模拟压力容器和压力管道在运行过程中的应力、应变、裂纹扩展等行为,预

测裂纹的产生和发展趋势。模拟仿真技术可以预测裂纹在不同工况下的产生和发展,为压力容器和压力管道的安全运行提供保障。相较于实际检测,模拟仿真技术可以节省大量的人力和物力成本。模拟仿真技术可以在较短的时间内完成裂纹的预测和分析,提高工作效率。模拟仿真技术可以根据不同的工况和参数进行多次仿真,以验证不同方案的有效性。

2.2.6 智能检测技术

智能检测仪器通过集成传感器、数据处理和图像分析等先进技术,实现对压力容器和压力管道裂纹的自动检测。这些仪器具有高精度、高效率、实时监测等特点,能够有效提高裂纹检测的准确性和可靠性。人工智能算法运用深度学习、神经网络等人工智能算法,对压力容器和压力管道裂纹图像进行智能识别和分类。通过大量历史数据的训练,使人工智能算法具备较高的裂纹识别能力,从而提高检测的准确性。

2.2.7 3D 扫描技术

3D 扫描技术是近年来在压力容器和压力管道裂纹检验领域得到广泛应用的一种新型检测方法。3D 扫描技术无需与压力容器和压力管道直接接触,避免了对设备的损坏,提高了检测的安全性。3D 扫描技术可以获取高精度的三维数据,为裂纹检测提供更准确的数据支持。3D 扫描技术可以对压力容器和压力管道进行全面检测,包括表面裂纹、内部缺陷等,提高了检测的全面性。3D 扫描技术检测速度快,有利于提高检测效率。

3 压力容器和压力管道裂纹检验中存在的问题

3.1 检测方法选择不当

在压力容器和压力管道裂纹检验过程中,检测方法选择不当是一个普遍存在的问题。在实际工作中,部分检验人员对各种检测方法的适用范围、原理、操作步骤及局限性了解不足,导致在实际操作中无法根据具体情况选择合适的检测方法。不同行业、不同企业对压力容器和压力管道裂纹检测的标准存在差异,导致在实际操作中难以统一标准,影响检测结果的可靠性。部分企业为了降低检测成本,选择较为简陋的检测方法,而这些方法可能无法满足实际检测需求,导致检测效果不佳。

3.2 检测流程不规范

检测流程的不规范包括检验方法的选用、检验设备的校准、检验人员的操作不规范等方面。这些因素都会影响检验结果的准确性,从而无法及时、准确地发现潜在的裂纹问题。在压力容器和压力管道的使用过程中,裂纹的存在导致设备泄漏、破裂甚至爆炸,从而引发严重的安全事故。如果检测流程不规范,可能会导致裂纹问题的漏检或误判,从而增加事故发生的风险。不规范的操作导致检验过程重复、冗余,浪费时间和资源。这不仅降低了检验效率,还可能影响设备的正常使用和生产进度。

3.3 新技术应用较少

随着科技的发展,无损检测技术不断更新,如射线探伤、超声波探伤、磁粉探伤等,但部分企业和检验机构在裂纹检验过程中,仍然依赖于传统方法,如肉眼观察、敲击听音等,这些方法在精度和效率上都有待提高。虽然新技术在裂纹检验领域具有显著优势,但由于宣传推广力度不够,许多企业和检验机构对新技术的了解和认识不足,导致其在实际应用中的推广受到阻碍。

4 压力容器和压力管道裂纹检验问题的对策

4.1 优化检测方法的选择和组合

超声检测适用于检测较深的裂纹,是裂纹检测的主要手段之一。射线检测适用于检测薄壁材料和不易直接检测到的部位。磁粉检测适用于检测表面和近表面缺陷,如裂纹,渗透检测适用于检测表面开口缺陷^[1]。将超声检测、射线检测、磁粉检测、渗透检测进行组合,相互补充,提高检测的准确性和全面性。还可以引入人工智能和机器学习算法,提高检测效率和准确性。开发智能检测设备,如自动超声检测仪、机器人等,实现检测过程的自动化。

定期对压力容器和压力管道进行检测,确保其安全运行。利用传感器等设备实时监测压力容器和压力管道的状态,一旦发现异常,立即进行处理。根据压力容器和压力管道的材料特性,选择合适的检测方法。针对不同材料,调整检测参数,如超声检测的探头频率、射线检测的曝光时间等。建立压力容器和压力管道检测数据库,实现数据共享和查询^[2]。

4.2 规范检测流程

针对压力容器和压力管道裂纹检验问题的对策,规范检测流程是至关重要的环节。为确保检测的准确性和可靠性,应依据国家相关标准和行业规范,制定详细的检测标准。这些标准应涵盖检测方法、检测仪器、检测环境、检测人员资质等方面,确保检测过程的科学性和规范性。优化检测流程,提高检测效率,确保检测工作顺利进行。具体步骤如下:①准备阶段:检测人员应熟悉检测标准,对检测设备进行校准和维护,确保检测仪器处于良好状态。同时,对检测区域进行清理,确保检测环境符合要求。②检测阶段:按照检测标准,对压力容器和压力管道进行无损检测。检测过程中,应严格遵守操作规程,确保检测数据的准确性。③数据分析与处理:对检测数据进行分析,识别裂纹类型、尺寸、深度等信息。如发现异常情况,应及时报告并采取相应措施。④报告编制:根据检测数据,编制检测报告。报告内容应包括检测方法、检测结果、分析结论、处理建议等。

检测人员的专业素质直接影响检测结果的准确性。因此,企业应对检测人员进行定期培训,提高其检测技能和理论知识水平。检测设备是检测工作的基础,企业应确保检测设备的正常运行。具体措施包括定期对检测设备进行维护和保养,确保其性能稳定^[3]。建立检测设备档案,记录设备的

使用、维修、保养等信息。对检测设备进行定期校准,确保检测数据的准确性。企业应建立健全检测质量管理体系,确保检测工作符合国家标准和行业规范。设立检测质量管理岗位,负责检测工作的监督和指导。

4.3 积极推广应用新技术

针对压力容器和压力管道裂纹检验问题,积极推广应用新技术是提高检验效率和准确性的有效途径。引入先进的无损检测技术,如超声波检测、射线检测、磁粉检测、渗透检测等,这些技术能够对压力容器和压力管道进行全面、细致的裂纹检测,提高检测的准确性和可靠性^[4]。发展智能检测技术,通过集成传感器、计算机和人工智能等技术,实现压力容器和压力管道裂纹的自动检测和诊断。智能检测技术具有快速、高效、准确的特点,有助于提高检测效率。推广应用3D扫描技术,3D扫描技术能够获取压力容器和压力管道的精确三维模型,为裂纹检测提供更丰富的数据信息。结合3D扫描技术,可以更准确地判断裂纹的位置、尺寸和形状。研究新型检测材料,开发适用于压力容器和压力管道裂纹检测的新型材料,如纳米材料、复合材料等,提高检测材料的性能,降低检测成本。加强检测设备研发,鼓励企业加大研发投入,提高检测设备的性能,如提高检测速度、降低误报率等^[5]。同时,关注国内外先进检测设备,积极引进和消化吸收。优化检测方法,针对不同类型的压力容器和压力管道,优化检测方法,提高检测效率。如针对小接管等难以检测的部位,采用FGI-3D场梯度成像技术等非接触式检测技术。

5 结论

压力容器和压力管道裂纹主要分为应力腐蚀裂纹、机械疲劳裂纹、蠕变裂纹等,不同类型裂纹具有不同的形成原因和特点。无损检测技术在压力容器和压力管道裂纹检测中具有重要作用,可根据实际情况选择合适的检测方法,如射线检测、超声波检测、磁粉检测等。通过对裂纹的成因、发展过程及对设备性能的影响进行分析,为裂纹的预防与处理提供理论依据。在实际工作中,应加强压力容器和压力管道的日常维护,及时发现和处理裂纹,确保设备安全运行。

参考文献

- [1] 刘兴林.锅炉压力容器压力管道检验中裂纹问题及处理措施分析[J].中国机械,2023(29):101-104.
- [2] 孙嘉.浅谈压力容器压力管道检验的裂纹问题[J].现代制造技术与装备,2023,59(6):101-103.
- [3] 魏建波.压力容器及管道常见裂纹问题分析[J].氮肥技术,2023,44(3):44-48.
- [4] 赵维强.冶金工业炉高压容器压力管道检验中的裂纹问题研究[J].中国金属通报,2023(6):7-9.
- [5] 车慧敏.压力容器压力管道检验中裂纹问题的解决措施[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(10):43-45.