

简析无损检测技术在承压类特种设备检验检测中的应用

龚奥然

大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司, 辽宁 大连 116000

[摘要] 当今工业领域, 特种设备如承压容器、锅炉等在生产过程中扮演着至关重要的角色。特种设备的安全性和可靠性直接影响到生产系统的运行和人员的安全。因此, 特种设备的检验检测工作显得尤为重要。在特种设备的检验检测中, 无损检测技术因其不损伤被检测对象、操作简便、检测效率高等特点, 已经成为一种非常重要的技术手段。文中将对射线检测、超声波检测、磁粉检测、渗透检测和涡流检测等常见无损检测技术进行简析, 并探讨其在检验检测中的应用步骤, 旨在提高特种设备检验的效率和准确性。

[关键词] 无损检测技术; 承压类特种设备; 检验检测

DOI: 10.33142/ect.v2i8.13005

中图分类号: TH49

文献标识码: A

Application Analysis of Non-destructive Testing Technology in the Inspection and Testing of Special Pressure Equipment

GONG Aoran

Dalian Boiler and Pressure Vessel Inspection and Testing Institute Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116000, China

Abstract: In today's industrial field, special equipment such as pressure vessels and boilers play a crucial role in the production process. The safety and reliability of special equipment directly affect the operation of production systems and the safety of personnel. Therefore, the inspection and testing of special equipment is particularly important. In the inspection and testing of special equipment, non-destructive testing technology has become a very important technical means due to its characteristics of not damaging the tested object, simple operation, and high detection efficiency. This article will analyze common non-destructive testing technologies such as radiographic testing, ultrasonic testing, magnetic particle testing, penetration testing, and eddy current testing, and explore their application steps in inspection and testing, aiming to improve the efficiency and accuracy of special equipment inspection.

Keywords: non-destructive testing technology; special pressure equipment; inspection and testing

引言

特种设备在工业生产中扮演着至关重要的角色, 如承压容器、锅炉等, 它们承担着储存、输送、转化能量等重要功能^[1]。然而, 这些特种设备一旦发生故障或事故, 可能造成严重的人员伤亡和财产损失, 甚至影响到环境安全。因此, 对特种设备进行全面、准确的检验检测显得尤为重要。

随着工业技术的不断发展和特种设备的广泛应用, 特种设备的安全性和可靠性问题日益凸显。特别是在化工、石化、航空航天等行业, 特种设备的工作环境复杂, 运行条件苛刻, 更需要对其进行精密的检测和监管。传统的特种设备检验检测主要依赖于破坏性检测方法, 如取样检验、金相分析等, 虽然能够对设备的结构和材料进行分析, 但往往需要对设备进行拆解或损坏, 不仅影响设备的正常运行, 还可能带来安全隐患和经济损失。

无损检测技术起源于 20 世纪初期, 最初用于航空、航海等领域的材料检测, 随着科学技术的不断进步和工业生产的发展, 无损检测技术得到了广泛应用, 并在特种设备检验检测中发挥了重要作用。无损检测技术通过利用声波、电磁波、光学等原理, 对特种设备的内部和表面进行检测, 可发现裂纹、孔洞、松动、疲劳等缺陷, 具有操作

简便、检测效率高、结果准确等优点, 受到了广泛关注和应用。因此, 特种设备无损检测技术的研究具有重要的理论意义和实践价值。

1 承压类特种设备检验检测中各种无损检测技术的工作原理及特点

1.1 射线检测

射线检测的原理基于射线与物质相互作用的特性。X 射线和 γ 射线是高能量电磁波, 具有穿透能力, 能够通过各种材料, 并在被检测物体内部与物质发生相互作用。当射线通过物体时, 其强度会受到物质密度、厚度、成分等因素的影响而发生变化, 从而形成被称为透射图像的影像^[2]。

射线检测的特点: 首先, 射线检测能够深入被检测物体内部, 发现隐藏的缺陷或异物, 如裂纹、气泡、夹杂等, 对于特种设备的内部结构和表面质量问题具有很高的检测灵敏度。其次, 射线检测的操作相对简便, 检测速度较快, 适用于大批量生产线上的快速检测需求。此外, 射线检测具有广泛的适用范围, 可用于各种材料和形状的特种设备检测, 如金属、塑料、陶瓷等, 具有较强的通用性。此外, 射线检测还可以实现实时监测和定量分析, 能够对

被检测物体的结构和性能进行量化评估,为设备的安全运行提供数据支持。

然而,射线检测存在一些局限性。首先,射线检测需要专用设备和专业人员操作,设备昂贵,操作复杂,需要一定的技术培训和经验积累。其次,射线检测会产生辐射,存在一定的安全风险和环境污染问题,需要严格的辐射防护措施和环境监测。此外,射线检测只能对金属和某些非金属材料进行检测,对于密度较低或吸收性较强的材料,检测效果可能受到限制。

1.2 超声波检测

超声波是一种高频机械波,其频率通常在 20kHz 至 100MHz 之间,可以通过材料传播,当超声波遇到材料内部的缺陷、界面或异物时,部分能量将被反射、散射或吸收,形成回波信号,通过分析这些回波信号的特征,可以确定材料的内部结构、缺陷位置和尺寸等信息^[3]。

超声波在材料中传播时会受到材料的声阻抗和密度等因素的影响,从而导致超声波在不同材料中传播速度的差异。当超声波遇到材料内部的缺陷或界面时,部分能量会被反射回来形成回波信号,其幅值、时间延迟和波形等特征可以反映出被检测物体的内部结构和缺陷情况。

超声波检测的特点主要体现在以下几个方面。首先,超声波检测能够实现对承压类特种设备的深度检测,可以探测到表面以下的缺陷,并且能够检测到各种类型的缺陷,如裂纹、夹杂、气泡等。其次,超声波检测具有较高的检测精度和灵敏度,可以检测到微小尺寸的缺陷,有助于及早发现潜在的安全隐患。此外,超声波检测设备结构简单、操作方便,检测速度快,适用于各种材料和形状的特种设备,具有较强的通用性。此外,超声波检测无辐射,对操作人员和环境无害,是一种相对安全的检测方法。最后,超声波检测还可以实现实时监测和定量分析,可以对缺陷的尺寸、形态等进行量化评估,为设备的安全评估提供可靠的数据支持。

1.3 磁粉检测

磁粉检测的工作原理是在被检测物体表面涂覆一层磁性粉末,然后施加磁场。当存在表面裂纹、孔洞、夹杂等缺陷时,这些缺陷会扰动磁场,使磁粉在缺陷处产生积聚。通过观察磁粉在表面的分布情况,特别是在 UV 灯下,可以清晰地显示出缺陷的位置、形状和大小。

磁粉检测具有以下几个显著特点:首先,能够检测到表面以下较浅的缺陷,如裂纹、夹杂等,对于特种设备的外观质量和表面光洁度的要求较高的情况下,磁粉检测尤为适用。其次,磁粉检测方法简单易行,操作简便,无需复杂的设备和高超的技术,适用于现场快速检测和大批量生产线上的应用。此外,磁粉检测具有较高的检测速度,能够快速发现缺陷并进行修复,有助于提高生产效率和质量水平。最后,磁粉检测可实现局部检测和定位,能够精

确识别出缺陷的位置和形态,为后续修复和改进提供指导。

1.4 渗透检测

渗透检测是承压类特种设备检验检测中常用的无损检测技术,适用于各种材料的表面缺陷检测,包括金属、塑料、陶瓷等,尤其对于密封性要求较高的设备,渗透检测能够提供可靠的检测结果^[4]。

渗透检测的工作原理是将可渗透的液体(称为渗透剂)涂覆在被检测物体表面,让其充分渗透到表面缺陷中,经过一定时间后,将多余的渗透剂擦拭干净,并施加一种显色剂,使渗透剂在缺陷处形成可见的染色,从而显示出缺陷的位置、形状和大小。

与其他无损检测技术相比,渗透检测具有独特的特点。首先,渗透检测是一种表面检测方法,能够检测到表面以下较浅的缺陷,如裂纹、孔洞、气泡等,对于外观质量要求较高的设备,渗透检测效果尤为显著。其次,渗透检测方法简单易行,无需复杂的设备和高超的技术,操作过程相对简便,适用于现场快速检测和大批量生产线上的应用。此外,渗透检测对被检测物体的材料和形状适应性较强,能够检测到各种类型的材料和形状的特种设备,具有较强的通用性。最后,渗透检测还可以实现局部检测和定位,能够精确识别出缺陷的位置和形态,为后续修复和改进提供指导。

1.5 涡流检测概述

涡流检测是利用交变磁场在导电材料中产生的涡流效应来检测材料表面和近表面的缺陷,适用于导电性能良好的金属材料,如铁、钢、铜等,能够检测到表面和近表面的裂纹、孔洞、疲劳损伤等缺陷,广泛应用于航空航天、铁路、汽车制造等领域。

涡流检测的工作原理是通过交变磁场感应在导电材料中产生的涡流,当涡流遇到材料表面或表面以下的缺陷时,其路径会发生变化,从而改变涡流感应的磁场分布。通过检测涡流感应磁场的变化,可确定缺陷的位置、形状和大小。涡流检测通常采用交流电源产生交变磁场,通过探头或探头阵列将磁场引导到被检测物体表面,然后通过传感器接收反馈信号,经过信号处理和分析,得出缺陷信息。

涡流检测特点:首先,非接触式的检测方法,无需与被检测物体直接接触,因此不会损伤被检测物体表面,适用于对表面质量要求较高的特种设备。其次,涡流检测适用于各种导电材料,包括铁、钢、铜等,且对材料的尺寸和形状适应性较强,能够对不同形状和尺寸的特种设备进行有效检测。最后,涡流检测的检测速度较快,能够实现高效快速的检测,适用于现场检测和大批量生产线上的应用。

2 承压类特种设备检验技术的应用步骤

2.1 技术应用准备

在承压类特种设备检验技术的应用过程中,技术应用

准备直接影响着后续检验工作的顺利进行和结果的准确性。技术应用准备阶段主要包括准备工作人员、准备检验设备和工具、准备检验文件和计划,并确保检验环境的安全和合规性。首先,确保参与检验工作的人员具备相关的资质和技能,例如具有相关的专业背景和资质证书,以及经过专业培训和实践经验的技术人员。同时,需要确定检验团队的组成和角色分工,确保各项任务能够有序进行。其次,根据检验对象的特点和检验要求,选择合适的检验设备和工具,包括但不限于无损检测设备、测量仪器、检验夹具等。确保这些设备和工具的性能良好,准确可靠,并经过定期维护和校准,以保证检验过程中的准确性和可靠性。同时,准备相关的检验文件和技术规范,包括检验计划、检验程序、检验标准、技术规范等,确保检验工作按照规定的程序 and 标准进行。此外,需要制定详细的检验计划,包括检验内容、检验方法、检验时间、检验人员等,以确保检验工作能够有序进行,并在规定的时间内完成。最后,对检验现场进行安全评估和风险分析,确保检验过程中的人员和设备安全。同时,需要遵守相关的法律法规和标准要求,确保检验工作符合法律法规的规定,并对环境保护、职业健康安全等方面的要求进行充分考虑。

2.2 定位分类缺陷

定位分类缺陷直接影响着后续检验结果的准确性和设备的安全性。定位分类缺陷的过程包括确定检验对象、选择合适的检验方法、进行检验操作、分析检验结果,并最终对缺陷进行分类和定位^[5]。

第一,确定检验对象。根据特种设备的类型、用途和关键部件,确定需要进行检验的对象,并对其进行全面的检查和评估。这可能涉及到设备的不同部位和组件,包括但不限于容器壁、焊缝、管道连接处等,以确保对所有潜在的缺陷进行全面的覆盖。第二,选择合适的检验方法。根据检验对象的特点和检验要求,选择适用的无损检测技术,如超声波检测、射线检测、磁粉检测等。不同的检验方法具有不同的优缺点和适用范围,需要根据具体情况进行综合考虑和选择,以确保能够有效地检测出缺陷。第三,进行检验操作。根据选择的检验方法和设备的具体情况,进行相应的检验操作,包括但不限于设备的准备、检验参数的设置、探测器的调试等。在操作过程中,需要严格遵守操作规程和安全操作要求,确保检验过程的安全和可靠。第四,分析检验结果。根据检验过程中获取的数据和图像,对检验结果进行综合分析和评估,识别出可能存在的缺陷和异常情况。在分析过程中,需要考虑到设备的使用环境、工作负荷、历史维护记录等因素,以便更准确地判断缺陷的性质和严重程度。第五,对缺陷进行分类和定位。根据检验结果和缺陷

的特征,对缺陷进行分类,如裂纹、孔洞、氧化等,并确定其位置和大小。同时,对缺陷的影响程度进行评估,以便制定相应的修复方案和措施,保证设备的安全和可靠运行。

2.3 盲区补充检测

盲区补充检测需要依据原始检验结果、设备设计、使用历史等信息,采用合适的检测方法和工具,对潜在的盲区进行有针对性的检测。

首先,进行盲区补充检测需要参考原始检验结果,并结合设备的具体设计特点和使用情况,确定可能存在盲区的区域,包括原始检验时难以观察到或无法达到的区域,如设备的内部结构、角落、边缘等处,以及由于设备结构复杂或遮挡导致的隐蔽区域。其次,选择合适的检测方法和工具。根据盲区的特点和位置,选择适用于该区域的无损检测技术,如内窥镜检测、射线透视、红外热像检测等。同时,确保所选检测方法和工具能够有效地穿透或穿越设备表面,并能够提供清晰可靠的检测结果。随后,对盲区补充检测的结果进行分析和评估。根据检测数据和图像,对发现的缺陷或异常情况进行识别和分类,并评估其对设备安全性和可靠性的影响程度。最后,根据盲区补充检测的结果,制定相应的修复和改进方案,确保设备的安全和可靠运行。可能需要进行针对性的维护和修复工作,如修复表面缺陷、更换受损部件等,以提高设备的整体性能和可靠性。

3 结束语

无损检测技术在承压类特种设备检验检测中具有重要的地位和作用。正确理解和应用各种无损检测技术,能够有效提高特种设备检验的效率和准确性,保障设备的安全运行,促进工业生产的发

[参考文献]

- [1] 蒋剑超,边缘. 无损检测技术在承压类特种设备检验中的应用与发展[J]. 化工设计通讯,2024,50(3):60-62.
- [2] 彭武强,李昌盛,木贵军,冉龙华,关文政. 无损检测技术在承压类特种设备检验检测中的应用[J]. 科技创新与应用,2023,13(6):174-178.
- [3] 任桂芹. 无损检测技术在承压类特种设备检验中的应用探究[J]. 质量与安全,2021,31(3):63-65.
- [4] 陈阳文. 无损检测技术在承压类特种设备检验中的应用探究[J]. 中国设备工程,2020(23):155-156.
- [5] 汪海涛. 无损检测技术在承压类特种设备检验中的运用分析[J]. 化工管理,2020(21):175-176.

作者简介: 龚奥然(1993.10—),毕业院校:沈阳化工大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前工作单位:大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司,职务:承压类检验员,职称级别:助理工程师。