

浅析压力容器检验中无损检测技术的应用

曲 渤

大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司, 辽宁 大连 116013

[摘要] 压力容器是一种具有极高安全性的特殊设备, 它们承受着流体介质的压力, 因此, 它们的使用必须严格遵守相关的安全规定, 否则可能会导致爆炸、中毒、污染环境等严重后果。因此, 压力容器的使用必须严格按照相关规定进行, 以确保其安全性。检验是确保压力容器安全运行的关键步骤, 而现代无损检测则是一种利用先进的技术和设备, 采用先进的物理和化学技术, 对试件的内在结构、特性、状况等进行精确的分析与评估, 从而确保其完好无损。当前, 检测压力容器的方式多种多样, 其中无损检测是最为普遍的, 近年来, 射线、超声、磁粉以及其他渗透技术, 如声发射和磁记忆, 已经成为研究领域的重要手段。

[关键词] 压力容器; 检测技术; 应用

DOI: 10.33142/ec.v6i3.7980

中图分类号: TG115.28;TH49

文献标识码: A

Brief Analysis of Application of Non-destructive Testing Technology in Pressure Vessel Inspection

QU Bo

Dalian Boiler and Pressure Vessel Inspection and Testing Institute Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116013, China

Abstract: Pressure vessels are special equipment with extremely high safety, which withstand the pressure of fluid media. Therefore, their use must strictly comply with relevant safety regulations, otherwise they may lead to serious consequences such as explosion, poisoning, and environmental pollution. Therefore, the use of pressure vessels must be strictly in accordance with relevant regulations to ensure their safety. Inspection is a key step to ensure the safe operation of pressure vessels, while modern non-destructive testing is a method of using advanced technology and equipment, using advanced physical and chemical technology to accurately analyze and evaluate the internal structure, characteristics, conditions, etc. of test pieces, to ensure their integrity. Currently, there are various methods for testing pressure vessels, among which non-destructive testing is the most common. In recent years, radiation, ultrasound, magnetic powder, and other penetration technologies, such as acoustic emission and magnetic memory, have become important means in the research field.

Keywords: pressure vessels; detection technology; application

1 概述压力容器无损检测技术的作用

1.1 提高产品质量

通过采用先进的无损检测技术, 我们能够对压力容器进行全面的检测, 从而发现其存在的问题, 并有效地改善其质量。此外, 在生产过程中, 我们还会使用先进的超声波检测技术, 对所有的零部件进行精准的检验, 从而有效地消除不符合标准的零部件, 从而确保整个产品的质量。为了保证产品的质量, 制造商应该充分利用先进的无损检测技术, 并不断改进生产流程, 以达到更高的标准。

1.2 节省产品生产成本

通过采用先进的无损检测技术, 工作人员能够有效地识别出质量不符合要求的压力容器, 从而有效地防止二次返工, 减少资源的浪费和维护成本。此外, 采取有效的预防措施, 有助于减少由于使用不符合标准的压力容器而导致的安全事故, 从而降低企业的经济损失。

1.3 完善生产结构

通过使用无损检测技术, 工作人员能够实时监控压力容器的生产流程, 并能够快速识别存在的问题, 从而有效

地改善制造质量。当发现任何潜在的质量缺陷, 技术专家将会根据分析的结果, 给出有效的修正措施, 从而有效地优化压力容器的整体设计和运行状态。

2 无损检测方法的特点

(1) 无损检测的独特之处在于它可以完全保护材料、零部件以及整个结构, 这使得它成为了传统检测方法难以匹敌的。然而, 由于其本质的局限性, 它仍然无法取代传统的破坏性检测。例如, 在使用液化石油气时, 除了进行有效的无损检测, 还必须进行精确的爆破实验。

(2) 为了确保无损检测的精确度, 我们必须根据检测目标、设备状态、材料性能以及生产工艺来决定是否采取超声波探伤技术。通常, 通过超声波探伤技术, 锻件可以经过精细加工, 从而实现钻孔、铣槽、精磨等复杂的机械加工工艺。

(3) 在进行无损检测时, 为了保证质量, 必须根据实际情况, 精准地选择最佳的检测方法, 以避免出现任何形式的缺陷。因为每种检测方法都存在其独特的优势, 因此, 在使用这些技术时, 必须谨慎考虑。例如, 由于钢板

的层状缺陷与板面形成了垂直的关系,因此无法使用射线检测,必须采用超声波技术来进行检测。

(4)通过综合运用多种无损检测技术,我们可以获得更全面的缺陷信息,并且能够更准确地反映出实际的状态。然而,每一种技术都只是一种工具,它们之间的差异性也很大,所以,我们需要充分利用这些技术,以便获得最佳的结果。例如,超声波对裂纹缺陷探测灵敏度较高,但定性不准;而射线对缺陷的定性比较准确,两者配合使用,就能保证检测结果可靠准确。

3 无损检测方法介绍

3.1 射线检测

通过使用射线检测技术,可以有效地发现焊接过程中的气孔、密集气孔、夹渣、未熔化、未焊透等缺陷。此外,为了更好地保护人类健康,许多无法通过超声波检查的多层包装压力容器和球形压力容器都会使用 Ir 或 Se 等同位素来进行 γ 射线照相。然而,射线检查并不能准确地识别出锻件、管道和棒材的质量。

x 射线、 γ 射线以及其他多种射线检测方法,如胶片、磷光成像板等,都可以有效地探测物质的内部结构及其表面特征,从而为科学研究提供有力的支持。采用射线检测技术,可以精确地识别出压力容器的每一个细节,从而保证其中的金属零件、焊缝处理点以及其他关键组成部分。这种方法能够通过直观的图像清晰地显示出缺陷的位置、大小等信息,但是由于光照强度的限制,它的精确度有所降低,因此,在检查裂缝缺陷时,这种方法并不太理想,无法提供高精度的结果。

3.2 超声波检测

超声检测(Ultrasonic Testing, UT)是利用超声波在介质中的衰减特性,以及它们与界面的反射作用,可以实现对缺陷的无损检测。

通过使用超声波,我们可以对压力容器的内部进行检查。这种技术通常用于发现焊接接头处的隐患,并且可以帮助我们预防压力容器的损坏。它的优点在于,它的传播速度快,而且不受地形的限制。因此,我们可以通过使用这项技术,准确地发现压力容器的故障。超声波检测技术操作简单,具有极强的穿透性和灵敏度,无论是金属还是非金属压力容器都可以进行检测。

通过脉冲型超声波检测仪,可以有效地检测压力容器的状况,特别是它们是否存在开裂、锈蚀等问题。然而,这种方法仅能够获得有限的信息,因此,必须进一步深入地检查压力容器,以便准确识别故障类型及其根源,并制定有效的维护措施。工作人员利用超声波技术来检测压力容器的表面,但由于其特性,无法完全检测出钢板、螺栓件等部分,因此,需要采用其他更加精准检测方法来确保压力容器的安全性。

这种超声波探伤仪的优势显而易见:它的灵敏度极高,指向性良好,穿透力极强,检测速度迅捷,价格实惠,而且体积小巧,这种设备易于携带和操作,并且对人体安全。

然而,它无法检测出任何与表面或近表面的延伸方向不匹配的缺陷,而且在定性和定量分析上也存在较大的偏差。

3.3 磁粉检测

磁粉检测(Magnetic Testing, MT)是基于缺陷处漏磁场与磁粉相互作用而显示铁磁性材料表面和近表面缺陷的无损检测方法。采用磁粉检测技术,当铁磁性材料暴露于强磁场时,它们的表面会受到磁化作用,进而改变其内部的磁导率,从而引起磁感应线的外溢,最终产生一个漏磁场,通过吸附被检对象的磁粉之后,利用光照措施可以形成显著的磁显痕迹。磁粉检测技术的成本比较低,磁粉检测技术能够有效地检测出微米尺度的缺陷,但它仅限于铁磁材料,而对于多孔材料,由于其特殊的结构和性质,它的应用范围受到了限制。

磁粉检测技术已被广泛应用于对以铁磁性材料为基础的压力容器进行质量检查,通过这项技术,我们可以有效地控制原材料的质量,确保生产和安装过程的质量,并对产品进行定期检查和维护保养,从而有效地发现和消除铁磁性材料中的裂缝、折叠、夹层和夹渣等问题。

磁粉检测具有显著的优势,如低成本、快速、高灵敏度等,但是它仅限于铁磁性材料,而且工件的形状和尺寸可能会对探伤结果产生一定的影响。

3.4 渗透检测

渗透检测(Penetrant Test, PT)是基于毛细管现象揭示非多孔性固体材料表面开口缺陷,其方法是将液体渗透液渗入工件表面开口缺陷中,用去除剂清除多余渗透液后,用显像剂表示出缺陷。通过采用渗透检测技术,可以有效地确保压力容器表面的质量,从而提高检测的准确度。此外,为了防止渗透剂进入容器的裂缝,应当定期对其进行检查,以确保其质量符合要求。通过使用渗透检测技术,检测人员可以有效地清除周围的液体,并使用显像剂更加直观地揭示出压力容器表面的裂缝。然而,这种方式对于检测多孔材料的情况并不能达到理想的效果。采用渗透检测技术,可以大大提高对磁性和非磁性物质的精度,尤其是对于压力容器表面的缺陷裂缝,即使采用磁粉检测方式也不能保证最终的精确性。因此,渗透检测技术为工作人员带来了更多的便利,大大提高了检测的效率。通过使用渗透检测技术,我们能够更加直观地发现压力容器表面的裂缝和缺陷。这种技术的操作简单易行,但是需要注意的是,在使用这项技术之前,必须确保检测区域没有任何污染物。

渗透检测技术可以有效地检测出各种材料的表面缺陷,包括疏松多孔性材料、钢铁、有色金属、陶瓷和塑料等。近年来,渗透检测技术在压力容器检测中的应用越来越广泛,为压力容器的安全性和可靠性提供了有力的保障。为了有效地检测出受试压力容器的可能存在的缺陷,我们应当精心挑选最佳的渗透剂及其相关的技术,并且采用优质的标准样本,从而大大提升渗透检测的精确性。

这种方法操作简单、成本低廉,缺陷可以清晰地显示

出来,检测灵敏度极高,可以检测到的材料和缺陷范围非常广泛,即使是最复杂的零件也能一次性完整地进行检查。然而,这种方法只适用于检测表面裂纹,不能用于检测多孔材料,可能对工件和周围环境造成污染。渗透检测方法在检测表面微细裂纹时往往比射线检测灵敏度高,还可用于磁粉检测无法应用到的部位。

3.5 声发射检测

声发射(AcousticEmission, AE)是指材料或结构受外力或内力作用产生变形或断裂,以弹性波形式释放出应变能的现象。采用声发射检测技术,我们可以更加精确地获取材料的特征,从而有效地评估容器内部结构的破坏程度。这种先进的无损检测技术,不仅可以更加准确地反映出材料的性质,还能提高检测效率。

压力容器在高温高压下由于材料疲劳、腐蚀等产生裂纹。当裂纹形成、扩展并最终导致破裂时,它们会发出不同强度的声音信号。通过观察这些声音信号的强弱,我们可以判断是否存在裂缝,以及裂缝的扩展情况。

声发射与X射线、超声波等常规检测方法的主要区别在于它是一种动态无损检测方法。声发射信号具有极强的灵敏度,能够在外界环境中快速响应,从而检测出微米级别的显微裂纹的形成和扩展,从而更好地了解缺陷的状态。此外,因为绝大多数材料都具有声发射特征,所以声发射检测不受材料限制,可以长期连续地监视缺陷的安全性和超限报警。

3.6 磁记忆检测

磁记忆(Metalmagneticmemory, MMM)检测方法就是通过测量构件磁化状态来推断其应力集中区的一种无损检测方法,其本质为漏磁检测方法。

由于介质、压力以及温度的不断变化,压力容器的表面会出现应力腐蚀、疲劳开裂以及蠕变损伤,其中最为突出的是应力集中的区域。为了解决这一问题,采用磁记忆检测仪可以迅速检测出压力容器的焊缝,并且可以准确地定位出其中的应力峰值。

通过使用磁记忆检测技术,可以在无需特殊准备的情况下,通过使用特定的磁化设备,获得更高的灵敏度。金属磁记忆方法能够区分出弹性变形区和塑性变形区,能够确定金属层滑动面位置和产生疲劳裂纹的区域,能显示出裂纹在金属组织中的走向,确定裂纹是否继续发展。是继声发射后第二次利用结构自身发射信息进行检测的方法,经过早期的细致调查与系统分析,我们能够更加精确、完备地掌握被测物体的实际应力—变形情况,并且能够提供有效的结论。但是,目前,这一方法仍不足以替代传统的缺陷定性检测,因此,必须利用先进的无损检测技术才能达到最佳的分析效果。

4 压力容器无损检测技术的应用对策

4.1 正确选择压力容器应用时机

在检测原材料的过程中利用无损检测技术,可以保障

原材料质量,例如在检测钢板和钢锻件材料的过程中,适合利用超声检测技术。通过采用无损检测技术,我们能够更有效地控制和管理压力容器的生产流程。此外,在产品使用过程中,我们还能运用这项技术来识别和解决裂缝问题,并通过热处理来进一步改善整体工艺水平。

4.2 合理选择无损检测方法

利用压力容器无损检测技术,在检测埋藏缺陷的过程中可以综合利用超声波检测技术和无损检测技术,在对压力容器进行表面检测时,应当特别注意其存在的缺陷,渗透法和磁粉法都起着至关重要的作用,它们各自具备独特的优势,因此,为了获得更准确的结果,工作人员需要综合考虑各种因素,以便选择最适宜的检测方式。然而,由于射线检测的透照能力有限,它们的使用也存在一定的局限性,需要保障检测厚度得在2mm以上。利用超声波检测技术,保障检测厚度处于6~500mm范围内,否则无法会出技术应用效果。

4.3 组合利用无损检测技术

不同的无损检测技术都有其特定的应用领域,比如说,超声波检测可以用来检测裂缝缺陷,但它不能提供精确的定量数据,而射线检测则能够更加精准地发现缺陷,因此,在实践应用中,将两种技术相结合,能够更好地保证检测的精度。为了更好地实现目标,工作人员应该运用多种技术来综合考虑容器的特点,并充分发挥各种方法的优势。

5 结语

作为一种综合性应用技术,无损检测技术经历了从无损探伤(NDI),到无损检测(NDT),再到无损评价(NDE),并且向自动无损评价(ANDE)和定量无损评价(QNDE)发展。随着时间的推移,新兴的纳米材料、微型电子元件以及其他领域的无损检测技术将迎来前所未有的快速进步。

【参考文献】

- [1]张阳,徐新民,王艳杰.无损检测方法在压力容器检验中的应用[J].设备管理与维修,2021(22):120-122.
- [2]单会娜.压力容器管道裂纹检验中无损检测技术应用分析[J].设备管理与维修,2021(14):113-115.
- [3]吴忠强,张玉路.无损检测技术在锅炉压力容器检验中的应用分析[J].技术与市场,2021,28(5):132-133.
- [4]刘佳丽.压力容器检验中常用无损检测技术的运用探讨[J].中国盐业,2021(4):54-57.
- [5]成伟.压力容器检验中无损检测技术的应用[J].化学工程与装备,2021(1):236-237.
- [6]陈晓曦.压力容器检验中无损检测方法的综合应用研究[J].中国设备工程,2020(21):158-159.

作者简介:曲渤(1974.11-),男,毕业于大连理工大学热能专业,目前就职大连锅炉压力容器检验检测研究院有限公司,检验员,工程师。