

压力容器检验中常用无损检测技术的运用探析

赵慎林

(河北省特种设备技术检查中心 河北 石家庄 050200)

摘要: 无论是介质类型、温度、压力,都会对压力容器的运行造成一定的影响,从而导致压力容器出现质量问题。随着企业生产水平的提升,大量的压力容器开始被应用到生产中,设备的种类也开始增加,对检测工作提出了更严格的要求。本文对压力容器无损检测技术的应用方法进行分析,研究无损检测技术的内涵和特点、技术原理,总结常用的无损检测技术,最后对如何应用该技术展开分析。

关键词: 压力容器;无损检测;特点;应用

0 引言

压力容器长期处于高压工作环境中,其质量状况决定着生产能否正常进行以及工作人员的安全。使用传统的检测方式,会对压力容器造成一定的破坏,获得检测结果后压力容器的安全性会受到一定的影响。而使用无损检测技术,可以提升检测工作的效率,也能避免破坏压力容器,在给压力容器提供有效保护的前提下,进行有效地检测工作。目前的无损检测技术已经可以比较准确地确定压力容器的缺陷,对及时解决压力容器问题,开展后期修补工作,都发挥着巨大作用。

1 压力容器无损检测渗透检测技术概述

1.1 无损检测的目的

在压力容器的检测过程中使用无损检测,对检测的各个环节都具有非常重要的作用。

1.1.1 质量管理

压力容器的工件、产品质量是保证在役期间安全运行的基础,使用无损检测可以对零件的原材料、中间产品、成品、结构件在生产过程中进行质量的连续实时监控,确定产品的组织缺陷状况和组织性能。对检测中发现的问题,应该及时返回设计部门,方便设计部门对压力容器的结构设计、生产流程进行进一步的优化和改进,控制压力容器的废品率,并提升压力容器成品率,保证生产的质量和效率,并降低生产成本。

1.1.2 质量鉴定工作

在压力容器的成品、零部件正式投入到使用之前,还需要重新进行一次质量鉴定工作,分析产品的性能是否满足要求,只有经过最终的性能检验,才能投入到使用中,及时筛选出存在风险的产品,保证未来应用中的安全。对于复杂、恶劣条件下的压力容器,进行使用前的质量验收有着极高的必要性,仅仅开展外

观检查并不能知晓压力容器的内部状况,很难满足使用中压力容器全面了解的需求。使用无损检测技术可以保证检测工作的绝对优势,对确保产品的优越性有着十分重要的作用。

1.1.3 在役检测

在役检测是在压力容器投入使用后开展的定期、不定期安全检测,以及对压力容器的实时监控工作。通过在役检测可以及时发现压力容器存在的缺陷和使用隐患,方便及时进行修复、报废,避免出现安全隐患。由于无损检测技术可以分析压力容器的内部结构,因此也能通过分析较长时间的检测结果对压力容器缺陷的发展趋势进行预测,提前采取措施保障压力容器的安全。在大型压力容器中,预测压力容器趋势有着十分重要的经济价值和价值。

1.2 无损检测技术的特点分析

无损检测技术相对传统检测技术取得了巨大进步,可以在不破坏压力容器的情况下确定压力容器内部的组织状况和压力容器的使用性能,和传统检测方法相比有很大区别。包括超声波检测、X射线检测等技术,都可以对材料进行全面检测,因此无损检测技术具有非场强的全面性。很多无损检测都实现了对压力容器整个生命周期的全过程检测,相对于材料学中常用的拉伸、压缩、弯曲等测试方式,无损检测可以进行新设备或者在役设备的检测工作,在保证产品结构性能的前提下,实现对材料成品的全过程检测。使用无损检测技术的可靠性很强,包括超声波、X射线等现代检测技术、检测仪器设备都具有比较强的说服力,但是使用无损检测技术也需要考虑检测工作的适用性,应针对不同类型的缺陷检测使用合适的检测技术。无损检测获得的结果可以直接生成检测图像,因此检测结果更加直观,很容易被识别和判断,也方便技术人员更准确地分析缺陷。

2 无损检测技术的原理

2.1 磁记忆检测

磁记忆不需要进行专门构件表面清理工作,通过构件在地磁场中磁化,之后就可以进行容器的检测工作。检测工作中,无需专门进行构件的退磁和磁化,也不需要进行构件的耦合。磁记忆检测技术的在实际应用中具有比较强的可靠性,同时具有非常高的灵敏度,可以快速完成对压力容器的缺陷检测工作。该技术比较适合对应力高度集中位置的检测,分析是否存在故障,确定部位的变形情况和损伤缺陷的发展状况,方便检测人员判断缺陷的类型。压力容器外表面检测工作中,可以使用在线检测法,即可以进行磁仪器的在线监测,完成对压力容器云端状态的监测,并判断压力容器存在的故障。

2.2 荧光渗透检测

荧光渗透检测可以保证压力容器无损检测工作的灵敏性,而且对操作人员的技术要求比较低,该技术的原理在于使用紫外光线灯和荧光液体配合确定压力容器的缺陷。常用荧光颜料一般为黄色或者绿色,需要合理控制荧光的配合比,保证荧光液体的可靠性。对压力容器表面施加荧光液时,应重点处理焊接位置、结构位置,通过紫外线灯进行照射查看表面存在的缺陷情况,荧光液会渗入到缺陷中,因此如果发现某一个位置的颜色十分明显,那么该位置就可能存在缺陷。使用荧光渗透检测技术时,需要保障光照条件,避免由于裂纹缺陷导致检测效果受到影响。同时检测过程中也要注意防护,因为紫外线会对人体造成伤害。

2.3 红外热波无损检测

红外热波无损检测技术的检测原理在通过测试红外热波,并将测试结果转化为图像,实现将压力容器表面的红外辐射转化为人眼可见的广波,通过观察红外热波的分布,就能确定压力容器是否存在质量问题或者存在缺陷。该技术面向对压力容器表面的成像,已经成为很多检测工作中判断是否存在缺陷的依据。红外检测工作一定程度上属于检测温度变化情况判断压力容器是否存在缺陷,因此该技术的核心在于围绕缺陷类型、材质、压力容器结构设置不同类型的热源,利用计算机进行全过程控制,并使用红外热波检测设备完成检测和信息采集工作。该技术包括主动检测和被动检测两种方式。主动检测技术会在外部增加工件的热源,之后通过检测获得表面的温度分布信息,判断压力容器是否存在缺陷和质量问题,主动检测的应用面广、获得的信息更为直观,并且检测工作效率较高。使用被动检测会通过压力容器工作过程中工件的温度分布状况,分析压力容器是否存在质量问题和缺陷问题,相比主动检测精度有一定差距,但是在压力容器

运行过程中的在线监测具有非常好的效果。

2.4 微波无损监测技术

根据检测的原理,微波无损检测技术可以分为透射波法和反射波法,该技术将微波发射在压力容器上,之后测量微波透过压力容器或者反射回来微波的振幅、相位,通过反演进行压力容器是否存在缺陷的分析。使用该方法可以判断压力容器是否存在气孔、裂缝等质量问题,根据振幅等数据,也能对分层媒介信息进行分析,研究压力容器材料的不均匀问题。使用微波无损检测技术可以根据压力容器的特点调整微波的方向和长宽,获得更为精准、可靠的数据,因此在确定压力容器缺陷范围的工作中有着比较好的应用效果。目前的微波检测系统体积都较小,携带十分方便,而且设备维护所需要的成本也比较低。

2.5 超声相控阵技术

超声相控阵技术可以使用转换器和耦合器接近压力容器,之后可以对容器进行检测和分析,属于一种使用多声速的超声波进行扫描成像的技术。相控阵超声波器一般由多个芯片建立超声波源,可以发射和接收超声波信号,之后就可以对接收到的超声波进行分析。使用该技术进行分析时,能够灵活完成聚焦和超声波偏移工作,应用十分方便,而且具有操作灵活、工作效率高、不会产生辐射等优势,可以对缺陷进行准确定位。但是该技术在使用过程中依然存在一定的局限性,比如被检测物体的表面有着较高要求,应满足一定粗糙度才能保证检测精度。而且,检测过程中对周围温度变化十分敏感,同时检测设备的结构比较复杂,所以维护费用相对较高,所以使用该技术会进行较高的经济投入。

2.6 激光无损检测技术

激光具有单色性、方向性高、能量集中的特点,是进行压力容器无损检测较为良好的途径,经过多年的发展,激光无损检测技术的精度相比过去明显提升,应用也更为广泛。目前的激光无损检测技术包括激光全息、激光超声和激光散斑等技术,在使用激光无损检测技术时,应根据不同类型的激光检测技术特点和检测工作内容进行选择,发挥激光检测的优势。

激光全息技术能通过确定缺陷位置的形变状况、外加荷载等特征,全面分析压力容器的工作状态,确定压力容器的内部结构是否不连续,完成对压力容器缺陷的判断工作。使用激光超声技术时,一般针对外形复杂的压力容器,可以对容器进行特性检测工作,在检测的过程中主要可以进行接触压力容器并进行检测,使用该方法可以解决压电换能器耦合剂对检测工作的干扰,所以具有非常高的检测精度。激光超声技术还实现了和宽带检测技术的结合,能够通过广播的波长完成对超声位移的测量,因此检测结果可靠性更强、精准度更高。在远

距离遥控接收工作中, 能够实现对压力容器的在线检测工作, 并且能解决检测过程中的空间干扰问题。用激光超声检测还可以适应在高温高压这类极端环境的压力容器检测工作, 而且可以避免出现缺陷故障。使用激光散斑技术进行压力容器的检测时, 可以进行容器外的扫描工作, 之后在缺陷位置将会出现条纹干涉、光斑叠加的情况, 就能确定缺陷的位置和分布状况。

目前, 激光无损检测技术也存在一定的短板, 比如对压力容器的表面要求较高, 同时对操作人员技术能力也有比较严格的要求。另外, 由于该技术检测费用过高的问题, 也使得该应用受到了限制。

2.7 着色渗透检测

在使用着色渗透检测技术时, 必须先对压力容器的表面进行处理, 然后使用专业的仪器进行压力容器缺陷的查找工作。和荧光检测技术相比, 使用着色渗透检测技术的适用性更强, 对光照要求比较低, 即便进行户外检测也可以获得比较好的检测效果。常用的颜料包括油性颜料和水性颜料, 可以直接借助阳光进行检测结果的观察。但是该方法的灵敏性比较差, 检测精度相对比较低, 因此一般需要配合其他检测技术使用。

3 压力容器无损检测渗透检测技术的应用要点

3.1 穿透裂纹检测工作

穿透裂纹直接穿透了压力容器, 在压力容器内存在流动性介质时, 如果压力容器处于承压状态, 在裂纹位置就会出现流体泄漏。但是这类裂纹发现比较困难, 因为在压力容器停止工作后, 承压的扩张状态消除, 压力容器的裂纹会直接闭合。使用传统方法检测穿透裂纹并不能获得较好效果, 用无损检测技术对穿透性裂纹的检测效果相对较好。检测时, 应该先做好对压力容器的清理工作, 避免由于污染物影响检测结果的精确性和可靠性, 应合理选择清洗剂和渗透检测剂, 保证其与压力容器内部介质保持一致。然后将显像剂应用在压力容器的内侧和外侧, 就能快速发现压力容器裂纹的位置。

3.2 充分利用自动化技术开展检测

自动化技术能减少人为因素的影响, 保证无损检测工作流程更为连贯, 保证检测的效率和检测质量。比如使用机电一体化渗透自动分选系统, 可以融合计算机图像处理技术、电荷耦合器等设备的功能, 并且改善了水溶性湿式显像检测剂的质量。目前使用自动化检测技术的过程中, 对压力容器裂纹检测可以发现 $1\mu\text{m}$ 左右的内部缺陷, 具备非常高的灵敏度。同时, 该技术的应用成本也比较低, 能完成快速检测工作, 在对疏松缺陷、气孔缺陷上都有非常好的应用效果。

3.3 合理选择压力容器检测时间

很多压力容器的缺陷都出现于压力容器工作过程

中, 在其他时间检测并不能发现压力容器的缺陷问题, 因此在开展检测工作时, 应该选择合适的检测时间, 以便能及时发现设备的缺陷问题, 并提升检测工作的效果。

3.4 合理选择检测方法

各类无损检测技术都针对对应的应用场景设计, 因此选择检测方法时应该根据压力容器检测工作的具体情况确定检测范围。选择检测方法时需要考虑检测对象材料特征、压力容器制造工艺、工作介质、压力容器失效模式、检测条件等。检测人员应该在检测之前就进行缺陷分析, 确定缺陷可能存在的位置、缺陷类型、缺陷的形状, 综合分析缺陷特征之后选择最合适的检测方法。

3.5 综合使用多种检测方法

通过多种检测方法的联合使用, 可以从多个角度分析压力容器的缺陷问题, 实现对压力容器缺陷的全面评估。由于每一种检测方法都存在劣势, 并且具有一定的缺陷, 通过联合使用多种不同类型的检测方法, 可以实现对缺陷的有效弥补, 通过不同检测方法的交叉验证也能实现对检测结果的证实。但是在选择检测方法时, 也要考虑检测成本, 避免检测工作经济效益不足。

4 结语

使用无损检测技术进行检测工作时, 技术人员需要了解各种检测方法的优缺点, 以及检测工作面向的目标, 配合实际工作经验选择最合适的检测方法。检测工作应加强对自动化技术的应用, 根据压力容器的工作状况选择检测时间, 在经济条件允许的情况下, 也要加强多种不同无损检测方式的联合使用, 有效解决检测精确性的问题, 提升压力容器检测的精确性和全面性。

参考文献:

- [1] 李雷. 无损检测技术在压力容器中的应用研究 [D]. 西安: 长安大学, 2016.
- [2] 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(04): 54-57.
- [3] 刘兵. 论压力容器无损检测新技术的原理和应用 [J]. 清洗世界, 2021, 37(04): 115-116.
- [4] 蔡占河. 压力容器焊接接头无损检测可靠性的研究 [J]. 品牌与标准化, 2021(04): 123-126.
- [5] 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.
- [6] 代云峰. 压力容器无损检测渗透检测技术综述 [J]. 冶金与材料, 2021, 41(04): 119-120.

作者简介: 赵慎林 (1983.02-), 男, 汉族, 河北邢台人, 本科, 工程师, 研究方向: 特种设备检查、检验研究。