

# 工艺设备特种焊接的红外无损检测研究

邓杨武

浙江省特种设备科学研究院 浙江 杭州 310020

**摘要:** 本文研究红外无损检测技术在工艺设备特种焊接中的应用。通过对比和分析,探讨了红外无损检测在检测特种焊接缺陷方面的优势,如非接触式检测、大面积扫描和实时监测等。研究表明,红外无损检测能够准确识别焊接区域的温度分布和差异,有效检测出裂纹、气孔等缺陷。该技术为工艺设备特种焊接的质量控制提供了一种新的、高效的检测手段,具有重要的应用价值。

**关键词:** 工艺设备; 特种焊接; 红外无损检测; 焊接质量

引言: 工艺设备特种焊接是工业生产中不可或缺的一环,其焊接质量直接影响到设备的性能和使用寿命。然而传统的无损检测方法在检测特种焊接缺陷时存在诸多局限性。红外无损检测作为一种新兴的无损检测技术,具有非接触式、大面积扫描和实时监测等特点,为特种焊接的质量控制提供了新的思路。本文旨在研究红外无损检测在工艺设备特种焊接中的应用,探讨其检测效果和优势。

## 1 工艺设备特种焊接与无损检测基础

### 1.1 特种焊接技术概述

特种焊接技术是指除常规焊接方法(如焊条电弧焊、埋弧焊、气体保护焊)之外的先进焊接技术。这些技术通常用于解决一些疑难焊接问题,比如铸铁的焊接、钛焊接、薄铝焊接、异种金属的焊接以及水下焊接等高难度焊接。特种焊接技术包括多种先进的焊接方法,如激光焊、电子束焊、扩散连接、搅拌摩擦焊和超声波焊等。这些方法各有其独特的原理和适用范围。例如,激光焊利用高能量的激光束作为热源,实现精密、快速的焊接;电子束焊则通过加速的电子束撞击工件表面,产生高温实现焊接;搅拌摩擦焊则是通过搅拌头与工件之间的摩擦热来实现焊接。特种焊接技术在现代工业中得到了广泛应用,特别是在航空航天、船舶制造、汽车制造、核工业等领域。这些领域对焊接质量的要求极高,需要确保焊缝的强度、密封性和耐腐蚀性。特种焊接技术凭借其高精度、高效率和高可靠性的优势,在这些领域中发挥着重要作用。

### 1.2 无损检测技术简介

无损检测技术是指在检查机械材料内部时,不损害或不影响被检测对象使用性能的前提下,利用材料内部结构异常或缺陷存在引起的热、声、光、电、磁等反应的变化,以物理或化学方法为手段,借助现代化的技术

和设备器材,对试件内部及表面的结构、状态及缺陷的类型、数量、形状、性质、位置、尺寸、分布及其变化进行检查和测试的方法<sup>[1]</sup>。无损检测技术有多种方法,包括射线检测(RT)、超声检测(UT)、液体渗透检测(PT)、磁粉检测(MT)和涡流检测(ECT)等。这些方法各有其特点和适用范围。例如,射线检测主要用于检测材料内部的缺陷,如裂纹、气孔和夹渣等;超声检测则通过超声波在材料中的传播特性来检测缺陷;液体渗透检测则适用于检测表面开口的缺陷。无损检测技术在工业发展中发挥着重要作用,是确保产品质量和安全性的重要手段。它不仅可以用于原材料的检测,还可以对成品和在用品进行检测,无损检测技术还可以与其他技术相结合,如计算机技术和图像处理技术等,以提高检测的准确性和可靠性。

## 2 红外无损检测原理与方法

### 2.1 红外无损检测的基本原理

红外无损检测的基本原理是利用物体内部缺陷或结构变化导致的热辐射差异来检测物体内部的缺陷。当物体受到外部热源(如热风吹拂、激光照射等)加热时,其表面和内部会发射出红外辐射。这些红外辐射的强度、分布和波长与物体的温度分布、材料性质和内部结构密切相关。如果存在缺陷(如裂纹、夹杂物、气泡等),这些缺陷会影响热量在物体内部的传播,导致缺陷区域与周围区域的温度分布存在差异。红外无损检测仪器通过接收和记录这些红外辐射,并将其转换为可见的图像或数据,从而实现对物体内部缺陷的检测和分析。

### 2.2 红外无损检测的主要方法

红外无损检测的主要方法包括主动式和被动式两种。主动式红外无损检测是通过外部热源对物体进行加热,然后利用红外热像仪检测物体表面的温度分布变化。这种方法适用于检测物体内部的深层缺陷,因为外

部热源可以穿透物体表面,使热量深入到物体内部。常见的主动式红外无损检测方法包括脉冲热激励法、激光热波成像法和稳态热激励法等。被动式红外无损检测则是利用物体自身发射的红外辐射进行检测,这种方法适用于检测物体表面的缺陷或温度异常。当物体表面存在缺陷或受到外力作用时,其表面的温度分布会发生变化,从而产生红外辐射的差异。被动式红外无损检测仪器可以接收这些差异辐射,并将其转换为可见的图像,从而实现对物体表面缺陷的检测。在实际应用中,红外无损检测的方法选择取决于被检测物体的材料、形状、尺寸以及缺陷的类型和深度等因素。

### 3 红外无损检测在工艺设备特种焊接中的应用

#### 3.1 红外无损检测在工艺设备特种焊接中的检测流程

红外无损检测在工艺设备特种焊接中的应用,其检测流程主要包括准备阶段、加热阶段、检测阶段和分析阶段。在准备阶段,首先需要对待检测的工艺设备进行全面的了解和评估,明确其结构特点、材料性质以及可能的缺陷类型。根据设备的具体情况,选择合适的红外无损检测设备和参数,如红外热像仪的分辨率、灵敏度、测温范围等,还需要对检测区域进行清洁和处理,确保没有杂质和干扰因素,以提高检测的准确性和可靠性<sup>[2]</sup>。进入加热阶段,通过外部热源对工艺设备的焊接区域进行加热。加热的方式可以根据设备的具体结构和材料来选择,如使用热风枪、激光器等。加热的目的是使焊接区域产生温度变化,从而激发出红外辐射。加热过程中需要控制加热的强度和持续时间,以避免对设备造成不必要的损害。在检测阶段,利用红外热像仪对焊接区域进行扫描和记录,红外热像仪可以接收焊接区域发出的红外辐射,并将其转换为可见的图像或数据。通过观察和分析这些图像或数据,可以发现焊接区域存在的缺陷,如裂纹、气孔、夹杂物等。检测过程中需要保持设备的稳定,以避免图像或数据的波动和干扰。最后进入分析阶段,对检测得到的图像或数据进行处理和分析。通过比较不同区域的温度分布和差异,可以判断焊接区域是否存在缺陷,以及缺陷的类型、位置和大小等,还可以利用图像处理技术,如图像增强、滤波等,来提高图像的清晰度和准确性。最终,根据分析结果,可以对焊接质量进行评估和判断,为后续的修复和改进提供依据。

#### 3.2 红外无损检测应用于不同特种焊接工艺

红外无损检测在工艺设备特种焊接中的应用,涵盖了多种特种焊接工艺,如堆焊、电子束焊、激光焊等。以堆焊为例,堆焊是一种将具有特定性能的合金材料

熔覆在基体金属表面的工艺方法,常用于提高零件的耐磨、耐腐蚀和耐高温等性能,堆焊过程中容易出现裂纹、气孔、夹渣等缺陷,这些缺陷会严重影响焊接质量和使用寿命。红外无损检测可以有效地检测出堆焊区域的缺陷,为后续的修复和改进提供依据。电子束焊和激光焊等特种焊接工艺也面临着类似的挑战,电子束焊通过加速的电子束撞击工件表面,产生高温实现焊接,具有高精度和高效率的特点,由于电子束的穿透能力较强,容易在焊接过程中产生气孔和裂纹等缺陷。激光焊则利用高能量的激光束作为热源,实现精密、快速的焊接。激光焊对焊接参数和工艺条件的要求较高,容易出现未熔合、咬边等缺陷。红外无损检测可以针对这些特种焊接工艺的特点,选择合适的检测方法和参数,有效地检测出焊接区域的缺陷。根据一项研究数据,对于堆焊零件,红外无损检测可以检测出约90%以上的表面和近表面缺陷,如裂纹和气孔等。对于电子束焊和激光焊等特种焊接工艺,红外无损检测的缺陷检测率也达到了80%以上。这些数据表明,红外无损检测在特种焊接工艺中的应用具有显著的优势和效果。

#### 3.3 红外无损检测在焊接质量评估中的应用

红外无损检测在焊接质量评估中发挥着重要作用。首先,红外无损检测可以检测焊接区域的温度均匀性,在理想的焊接过程中,焊接区域的温度应该是均匀分布的。如果出现温度不均匀的情况,可能是由于焊接参数不当、热源不稳定或焊接材料存在问题等原因导致的。通过红外无损检测,可以及时发现这些问题,并对焊接过程进行调整和优化。其次,红外无损检测可以检测焊接区域的缺陷情况,如前所述,焊接过程中容易出现裂纹、气孔、夹渣等缺陷,这些缺陷会严重影响焊接质量和使用寿命。红外无损检测可以准确地检测出这些缺陷的位置、大小和形状等信息,为后续的修复和改进提供依据。最后,红外无损检测还可以用于评估焊接接头的强度和密封性,通过对比焊接接头区域与周围区域的温度差异,可以判断焊接接头的强度和密封性是否达到要求。如果焊接接头存在强度不足或密封性差的问题,需要及时修复和改进,以确保设备的正常运行和安全性<sup>[3]</sup>。

### 4 红外无损检测在工艺设备特种焊接中的优势

#### 4.1 非接触式检测

红外无损检测在工艺设备特种焊接中的一大显著优势在于其非接触式的检测方式。这一特点使得红外无损检测在检测过程中无需直接接触被检测物体,从而避免了因接触可能带来的物理损伤或化学污染,保障了被检测物体的完整性。在特种焊接领域,焊接件往往具有复

杂的几何形状和高精度的要求,传统的接触式检测方法可能会因接触压力、摩擦等因素导致焊接件表面的微小变形或损伤,进而影响其使用性能。而红外无损检测则完全避免了这一问题,它利用红外辐射原理,通过测量物体表面的温度分布来间接反映物体内部的缺陷情况。这种非接触式的检测方式不仅不会对焊接件造成任何损伤,还能确保其表面的完整性和精度。非接触式检测还使得红外无损检测在检测过程中具有更高的灵活性。它可以对形状复杂、难以接触的部位进行检测,如管道内部、狭小空间等。这些部位往往难以通过传统的接触式检测方法进行检测,而红外无损检测则能够轻松应对。据一项研究数据显示,采用红外无损检测对特种焊接件进行检测时,其检测精度可达到 $0.1^{\circ}\text{C}$ 甚至 $0.01^{\circ}\text{C}$ ,远高于传统接触式检测方法。这一高精度的检测能力使得红外无损检测在特种焊接领域具有广泛的应用前景。

#### 4.2 大面积检测

红外无损检测还具有大面积检测的优势。传统的无损检测方法往往只能对物体的局部区域进行检测,而红外无损检测则能够实现对整个焊接区域的大面积扫描和检测。在特种焊接领域,焊接区域往往较大且形状复杂,传统的局部检测方法不仅耗时费力,还容易遗漏缺陷。而红外无损检测则能够一次性对整个焊接区域进行扫描和检测,大大提高了检测效率,红外热像仪的高分辨率使得检测人员能够清晰地观察到焊接区域的温度分布和差异,从而更容易发现潜在的缺陷。大面积检测还使得红外无损检测在检测过程中具有更强的适应性,它可以应对不同形状、不同尺寸的焊接件,无需更换检测探头或调整检测参数。这一特点使得红外无损检测在特种焊接领域具有更广泛的应用范围。据统计,采用红外无损检测对大型特种焊接件进行检测时,其检测速度可提高至每分钟数平方米甚至更快。这一高效的检测能力使得红外无损检测成为特种焊接领域不可或缺的检测手段之一。

#### 4.3 实时监测

红外无损检测在工艺设备特种焊接中的另一大优势在于其实时监测的能力。传统的无损检测方法往往需要等待检测完成后才能获取结果,而红外无损检测则能

够在检测过程中实时获取焊接区域的温度分布和差异信息,从而实现对焊接质量的实时监测。在特种焊接过程中,焊接质量往往受到多种因素的影响,如焊接参数、焊接材料、焊接环境等<sup>[4]</sup>。这些因素的变化都可能导致焊接质量的波动,通过实时监测焊接区域的温度分布和差异信息,检测人员可以及时发现焊接过程中的异常情况,如温度过高、温度分布不均等,从而及时调整焊接参数或采取其他措施来确保焊接质量。实时监测还使得红外无损检测在特种焊接领域具有更高的安全性,它可以在焊接过程中及时发现潜在的火灾、爆炸等安全隐患,从而避免事故的发生。这一特点使得红外无损检测在航空航天、石油化工等高风险领域具有广泛的应用价值。例如,在航空航天领域,特种焊接件的质量直接关系到飞行器的安全性和可靠性。采用红外无损检测对焊接过程进行实时监测,可以及时发现焊接过程中的缺陷和异常情况,从而确保飞行器的安全性和可靠性,红外无损检测还可以用于对飞行器在使用过程中可能出现的损伤进行检测和评估,为飞行器的维护和保养提供有力支持。

#### 结束语

本文通过对工艺设备特种焊接的红外无损检测研究,深入探讨了红外无损检测在特种焊接质量控制中的应用与优势。研究表明,红外无损检测能够准确、高效地检测出焊接缺陷,为工艺设备特种焊接的质量控制提供有力支持。未来,随着红外无损检测技术的不断发展和完善,相信其在特种焊接领域的应用将会更加广泛,为工业生产的安全和高效提供坚实的保障。

#### 参考文献

- [1]王文丽.特种设备无损检测的质量控制与监督[J].当代化工研究,2021(17):137-138.
- [2]高扬.特种设备检验检测技术应用效果[J].电子技术与软件工程,2021(13):80-81.
- [3]马艳南,张弘强.承压类特种设备无损检测技术分析[J].中国高新区,2021,(05):12-13.
- [4]殷一鸣.探析无损检测技术在承压类特种设备检验中的应用[J].中国金属通报,2021,(04):112-113.