

金属材料焊接中超声无损检测技术的应用

杨光华

宁波津一油泵有限公司 浙江 余姚 315480

摘要: 超声无损检测技术是一种非破坏性检测方法,常用于金属材料的焊接质量评估。在金属材料焊接中,焊缝的质量对于整体结构的强度和可靠性至关重要。超声无损检测技术可以通过发送超声波到焊缝中,利用回波信号来评估焊缝的完整性和质量。本文将介绍超声无损检测技术在金属材料焊接中的应用,包括其原理、设备和常见的检测方法。

关键词: 金属材料焊接; 超声无损; 检测技术; 应用

引言

超声无损检测技术在金属材料焊接中的应用不断增加。它通过发送和接收超声波信号,评估焊缝的完整性、质量和界面连接情况。这种非破坏性检测方法可以帮助确保焊接结构的安全可靠性,并提供重要的质量评估和缺陷检测手段。

1 超声无损检测技术的原理

超声无损检测技术是一种基于声学原理的非破坏性测试方法,常用于评估材料内部的缺陷和异物。该技术利用超声波在材料中的传播特性进行检测。超声波是高频机械波,通过振动源(通常是压电晶体)产生,并以固定频率和振幅传播。当超声波遇到材料的界面、缺陷或异物时,会发生几种主要现象:折射、反射和散射。折射是指超声波沿着不同介质之间的界面传播时,由于介质的声速差异而改变传播方向。这种变化可以用来分析材料中存在的界面或异物。反射是指超声波遇到材料界面时部分能量被反射回来。反射信号的强度和um时间延迟可以提供关于界面的信息,如存在的缺陷或材料的变化。散射是指当超声波遇到粗糙表面或微小颗粒时发生的能量散射。散射信号的强度和特征可以用来确定材料中的离散性缺陷或微观结构。在超声无损检测中,一个传感器将超声波引入材料中,并接收反射和散射的信号。这些信号被转化为电信号后,经过信号处理和分析,可以获取关于材料内部缺陷、界面条件以及焊缝质量的信息。通过测量超声波的传播时间、幅度和频谱等参数,可以定量评估焊缝的完整性和质量。这种非破坏性的检测技术广泛应用于工程领域,例如金属焊接、铸件、复合材料等行业,以提高产品的质量和可靠性。

2 超声无损检测设备

超声无损检测设备是一种常用于工业领域的非破坏性检测方法,广泛应用于金属材料的质量评估和缺陷检测^[1]。这些设备主要由发射器、接收器、探头和信号

处理系统等组成。发射器是超声无损检测设备中的一个重要组件,其作用是发送超声波信号到待检测的金属材料中。发射器产生的超声波信号在金属材料内传播,并与材料内部的缺陷或界面发生相互作用。通过分析回波信号,可以评估材料的质量和检测缺陷。接收器是用于接收从待检测材料返回的回波信号的设备。它起到接收和转换回波信号为可分析数据的作用。接收器必须具备高敏感度和广泛的频率范围,以确保准确地接收到回波信号。探头是超声无损检测设备中最直接与材料接触的部分。探头既可以发射超声波信号,也可以接收回波信号。探头的选择和设计对于检测结果的准确性和灵敏度至关重要。合适的探头可以提供良好的波束聚焦和穿透能力,从而更好地检测出材料内部的缺陷。信号处理系统对接收到的回波信号进行放大、滤波和分析等操作,以便评估待检测材料的质量和缺陷情况。信号处理系统通常包括放大器、滤波器和数据分析软件等。通过对信号的处理,可以得出准确的检测结果,并帮助确定材料的可靠性和结构完整性。总之,超声无损检测技术设备的发射器、接收器、探头和信号处理系统等组件共同协作,实现对金属材料质量评估和缺陷检测的目标。它们的精确设计和运用可以提高生产效率、减少成本,并确保产品的安全和质量。

3 常见的超声无损检测方法

超声无损检测是一种常用的非破坏性检测方法,可以用于评估焊缝的完整性和质量。以下是三种常见的超声无损检测方法:

3.1 脉冲回波法

脉冲回波法是最常见的超声无损检测方法之一。它通过发送一个脉冲超声波到焊缝中,并接收回波信号来评估焊缝的完整性和质量。从回波信号中可以得到焊缝内部的反射情况,从而判断是否存在缺陷。

3.2 相控阵法

相控阵法利用多个发射和接收元件,通过调节发射和接收的延迟和幅度来获取详细的焊缝信息。相控阵法可以实现图像化显示和三维重建,提供了更丰富的信息。通过扫描焊缝区域,可以获取到焊缝内部的任意位置的数据,有助于精确评估焊缝的质量。

3.3 闪烁法

闪烁法利用超声波在缺陷处的散射现象^[2]。当超声波遇到缺陷时,会发生能量散射,从而引起回波信号的强度变化和闪烁现象。通过观察回波信号的强度和闪烁情况,可以评估焊缝中的缺陷。

4 超声无损检测技术的应用

超声无损检测技术在金属材料焊接中具有广泛的应用,主要包括以下几个方面:

4.1 焊缝完整性评估

超声无损检测技术能够检测焊缝中是否存在缺陷,例如气孔、夹杂物或裂纹等。通过分析回波信号,可以判断焊缝是否存在异常信号,从而确定焊缝的质量和可靠性。超声无损检测技术通过发送超声波到待测焊缝,然后接收并分析回波信号来进行评估。当超声波穿过焊缝时,如果遇到缺陷,如气孔或裂纹,会发生反射、散射或衍射,产生特定的回波信号。通过对这些信号的分析,可以确定缺陷的位置、形状、大小和严重程度,进而评估焊缝的完整性。超声无损检测技术的优点包括非侵入性、快速、准确和灵敏度高。它可以在不破坏焊缝的情况下进行评估,并且可以检测到较小或深埋的缺陷。因此,超声无损检测技术成为焊缝质量控制和评估的重要工具,在航空航天、汽车制造、能源行业等领域得到广泛应用。

4.2 焊缝质量评估

超声无损检测技术除了评估焊缝的完整性外,该技术还能够对焊缝的质量进行评估。通过测量焊缝的尺寸、形状和强度等参数,可以判断焊缝是否符合设计要求和行业标准。这一评估过程对于确保焊接结构的安全性和可靠性非常重要。使用超声无损检测技术进行焊缝质量评估的主要目的是发现潜在的焊接缺陷,并及时采取必要的修复措施,以防止焊接结构在使用过程中出现故障。通过评估焊缝的尺寸,可以确定焊缝的宽度和深度是否符合规范要求^[3]。此外,还可以检测焊缝中是否存在气孔、夹杂物或裂纹等缺陷,以及这些缺陷的大小和位置。超声无损检测技术通过发送超声波到焊缝中,然后接收和分析波返回的信号来实现焊缝质量评估。根据回波的特征,可以确定焊缝中是否存在异常情况。这些异常情况可能会影响焊缝的强度和密封性能,因此及早发现并解决问题非常重要。总而言之,超声无损检测技

术通过准确评估焊缝的尺寸、形状和强度等参数,可以确保焊接结构的安全性和可靠性,防止潜在的焊接缺陷导致结构故障。

4.3 焊缝缺陷检测

超声无损检测技术在焊缝缺陷检测方面具有广泛的应用。它可以有效地检测焊缝中存在的各种缺陷,如气孔、夹杂物、裂纹和未焊透等问题。通过分析回波信号的特征,可以确定缺陷的位置、形状和大小,并对其进行分类和评估。使用超声无损检测技术进行焊缝缺陷检测有以下优势和应用:超声无损检测技术可以探测到微小的焊缝缺陷,具有很高的灵敏度。这使得它能够发现那些肉眼难以察觉的细微问题,确保焊接质量的高水平。通过对回波信号进行分析,超声无损检测技术可以提供准确的缺陷信息,包括缺陷的位置、形状和大小。这有助于焊接工程师和技术人员及时识别并评估潜在的问题。超声无损检测技术是一种非侵入性的测试方法,不需要对焊缝进行任何破坏性操作。这使得它成为一种安全可靠的检测手段,不会对工件的完整性造成任何损害。通过及时发现和修复焊缝中的缺陷,超声无损检测技术有助于避免潜在的问题进一步扩大,并确保焊接接头的强度和密封性满足要求。总而言之,超声无损检测技术能够帮助企业提高焊接工艺的质量控制,减少因焊接缺陷引起的事故隐患,提升产品的可靠性和安全性。

4.4 焊缝界面评估

超声无损检测技术通过分析回波信号的反射和折射特性,可以评估焊接区域与基材之间的连接情况,从而确定焊缝界面的结合强度和一致性^[4]。焊缝是焊接过程中的关键部位,其质量对于焊接结构的稳定性和耐久性具有重要影响。通过超声无损检测技术,可以非破坏地评估焊缝界面的质量。该技术利用超声波的传播特性和相互作用规律,对焊缝进行扫描和探测。在评估焊缝界面时,超声无损检测技术可以检测焊缝内部的缺陷、夹杂物或不良连接等问题。通过分析回波信号的变化,可以判断焊缝界面是否存在裂纹、孔洞、气孔等缺陷,并评估其对焊接结构的影响程度。超声无损检测技术还可以评估焊缝界面的结合强度和一致性。通过分析回波信号的强度和形状,可以判断焊缝界面的结合情况。如果回波信号强度较高且形状均匀,则表明焊缝界面连接良好;反之,如果回波信号强度较低或形状不规则,则可能存在结合不良或不一致的情况。总之,超声无损检测技术可以非破坏地评估焊缝界面的质量,确保焊接结构的稳定性和耐久性。这对于工业制造领域以及其他需要焊接的行业具有重要意义。

4.5 焊缝变形监测

在焊接过程中,金属材料会受到热应力的影响而发生变形。这种变形可能导致焊接缺陷和结构失稳等问题。通过使用超声无损检测技术,可以实时监测焊缝区域的变形情况。超声无损检测技术可以检测焊缝区域的局部凹陷、膨胀和扭曲等变形现象。通过对焊缝变形进行监测,可以及时发现并识别潜在的问题,并采取相应的措施进行调整。利用超声无损检测技术提供的实时数据,焊接操作人员可以及时调整焊接参数和工艺,以避免产生严重的变形缺陷。超声无损检测技术的应用使得焊缝变形监测更加精确和可靠。它能够提供更高分辨率的图像和数据,帮助操作人员全面了解焊缝区域的变形情况。这种实时监测和反馈机制可以大大提高焊接质量,并确保焊接结构的稳定性和可靠性。总而言之,超声无损检测技术可以帮助操作人员及时发现和处理焊接过程中可能出现的变形问题,从而提高焊接质量和结构稳定性,确保工件的安全性和可靠性。

4.6 焊接接头评估

除了评估焊缝本身的质量,超声无损检测技术还可以用于评估焊接接头的质量。焊接接头作为将不同部件或结构连接起来的关键组成部分,其完整性、质量和可靠性对于确保接头能够承受所需的载荷和力学性能至关重要。通过利用超声波的传播和反射特性,可以对焊接接头进行全面的评估。超声波可以穿透材料并在接头内部传播,当遇到界面或缺陷时,部分能量会被反射回来。通过分析这些反射信号,可以确定接头的完整性和质量情况^[5]。超声无损检测技术可以检测焊接接头中的各种缺陷,例如气孔、裂纹、夹杂物等。这些缺陷可能会导致接头的强度下降、疲劳寿命减少或者失效风险增加。通过及早发现和评估这些问题,可以采取相应的修复措施,提高焊接接头的质量和可靠性。总之,超声无损检测技术在焊接接头评估方面具有广泛应用。通过利用其传播和反射特性,对接头的完整性、质量和可靠性进行全面评估,从而确保焊接接头能够满足所需的载荷和力学性能要求。

4.7 焊缝修复监测

在焊接过程中,如果发现焊缝存在缺陷或质量不达标,超声无损检测技术可以用于监测焊缝的修复情况。通过超声无损检测仪器发送超声波到焊缝区域,并接收反射回来的信号,操作人员可以获得焊缝内部的结构信息。如果焊缝经过修复,修复后的焊缝与原始焊缝会有一定差异。通过对修复后焊缝的超声信号进行比较分析,可以判断焊缝的修复效果和质量是否满足要求。超声无损检测技术的应用有助于及时发现焊缝修复中可能存在的问题,避免因未能及时发现而导致的安全隐患。此外,通过该技术监测焊缝修复,还可以提供参考数据以评估修复工艺和质量水平,有助于改进焊接工艺并确保焊缝的可靠性和持久性。总之,焊缝修复监测是超声无损检测技术的一项重要应用,通过对修复后焊缝的超声信号进行比较分析,可以判断焊缝的修复效果和质量是否满足要求,从而提高焊接工艺的可靠性和质量水平。

结语

综上所述,超声无损检测技术在金属材料焊接中扮演着非常重要的角色。通过评估焊缝的完整性、质量和界面连接情况,它可以帮助确保焊接结构的安全性、可靠性和耐久性。随着技术的发展和设备的改进,超声无损检测技术在金属材料焊接中的应用将会更加广泛和精确。未来,预测性维护和自动化检测系统的发展将进一步推动超声无损检测技术在金属材料焊接中的应用。

参考文献

- [1]张云飞,李丽华,常军民.金属焊接超声无损检测技术及其应用[J].焊接技术,2020,49(6):49-53.
- [2]张光明,陈英民,崔大鹏,等.超声无损检测在钢板搅拌摩擦焊接缺陷检测中的应用[J].机械制造与自动化,2021,50(05):82-86.
- [3]杜博文,孙璐,孙雪,等.超声无损检测技术在铝合金搅拌摩擦焊接接头中的应用研究[J].现代制造工程,2020,49(12):55-58.
- [4]王海涛,黄伟,马学青.超声相控阵在钢结构焊缝无损检测中的应用[J].机电工程技术,2021,50(01):77-80.
- [5]杨洁,王斌,张东林,等.超声无损检测技术在复杂焊接接头中的应用研究[J].河南科技,2020,41(02):112-116.