

奥氏体不锈钢管道对接焊缝相控阵超声检测技术

郭少敏

中冶检测认证(天津)有限公司 天津 300352

摘要: 在工业领域,奥氏体不锈钢管道对接焊缝的检测关乎设备安全与稳定运行。相控阵超声检测技术是当前最先进的无损检测手段,以其高分辨率和灵敏度,精准探测焊缝内部的微小缺陷。通过精确控制超声波束,该技术能够对奥氏体不锈钢管道的接焊缝进行全面的检测,有效识别裂纹、气孔等潜在隐患。这不仅提升了检测的准确率,还为工业管道的安全评估与维护提供了强有力的技术支持。相控阵超声检测技术的广泛应用,为保障工业安全做出了卓越贡献。

关键词: 奥氏体不锈钢管道;焊缝;相控阵超声检测技术

引言

在现代工业高速发展的今天,奥氏体不锈钢管道以其卓越的性能被广泛应用,而对接焊缝的质量直接关系到管道的安全与稳定。近年来,在无损检测领域,相控阵超声检测技术以其高分辨率和灵敏度独占鳌头。该技术能够深入奥氏体不锈钢管道对接焊缝的微观世界,精确捕捉每一个潜在缺陷。本文将探讨奥氏体不锈钢与对接焊缝的独特性质,阐述相控阵超声检测技术的工作原理,并展示其在保障工业管道安全中的关键应用。

1 奥氏体不锈钢与对接焊缝特点

奥氏体不锈钢,以其独特的面心立方晶体结构,展现出卓越的塑性和韧性,在多个工业领域中都有广泛的应用。然而,这种材料的特性也为无损检测带来了挑战。其晶粒相对粗大且存在各向异性,这意味着声波在传播过程中因受到不同介质的影响会发生散射和衰减,从而导致传统的超声检测方法在检测对接焊缝时信号质量下降,信噪比低,分辨率受限。对接焊缝作为管道连接的关键环节,整个管道的安全性和稳定性与其接焊质量密不可分。焊缝的形成涉及到复杂的焊接工艺和材料性能,稍有不慎就可能产生缺陷。缺陷中的气孔、夹渣、未熔合等,不仅影响焊缝的力学性能,还可能成为裂纹的萌生和扩展的源头,从而严重威胁到管道的安全运行。因此,针对奥氏体不锈钢管道对接焊缝的特点,开发和应用更为先进、有效的无损检测技术显得尤为重要。相控阵超声检测技术正是应这一需求而生,以其高分辨率、高灵敏度和可视化等优点,对奥氏体不锈钢管道接焊缝进行无损检测提供了新的思路。

2 相控阵超声检测技术原理

相控阵超声检测技术,作为无损检测领域的一大革新,其工作原理是基于超声波在介质中的传播特性的新

技术。该技术通过对换能器阵列中各个阵元的激励时间和相位的控制,实现了超声波束的灵活操控,包括聚焦、偏转和扫描等功能。这种操控方式显著提高了超声检测的分辨率和灵敏度,尤其在检测奥氏体不锈钢管道对接焊缝等复杂结构中,展现出了其独特的优势。首先,我们来探讨相控阵超声检测技术的基本构成。该技术核心部分是一个由多个独立控制的阵元组成的换能器阵列。每个阵元都能够发射和接收超声波信号^[1]。通过精确控制每个阵元的激励时间和相位,我们可以实现超声波束的聚焦和偏转。聚焦是指将超声波能量集中在一个点上,从而增强该点的信号强度;而偏转则是指改变超声波束的传播方向,以便对不同的区域进行扫描。在相控阵超声检测系统中,控制单元起着至关重要的作用。它负责根据预设的检测方案,实时计算并调整每个阵元的激励时间和相位。这种动态调整的能力,使得相控阵超声检测技术能够适应各种复杂的检测条件,包括对接焊缝等不规则形状的检测对象。那么,相控阵超声检测技术是如何实现高分辨率和高灵敏度的呢?这主要得益于其独特的波束形成方式。在传统的超声检测中,超声波束通常是固定的,无法根据检测需求进行灵活调整。而相控阵超声检测技术则通过控制阵元的激励时间和相位,实现了波束的动态聚焦和偏转。这意味着我们可以根据对接焊缝的几何形状和缺陷分布,优化波束的传播路径,从而提高缺陷的检出率和定位精度。此外,相控阵超声检测技术还具有可视化的优势。通过将接收到的超声信号进行实时处理和分析,我们可以通过图像的形式来呈现焊缝内部的缺陷信息。这种可视化的检测方式不仅提高了检测效率,还降低了对操作人员技能的要求,使得无损检测更加便捷和可靠。在对奥氏体不锈钢管道接焊缝进行无损检测时,相控阵超声检测技术的这

些优势得到了充分体现。奥氏体不锈钢管介质晶粒粗大且存在各向异性,传统的超声检测方法往往难以准确识别焊缝中的微小缺陷。而相控阵超声检测技术则通过其“两高”特性,能够有效地检测出这些缺陷,为管道的安全评估提供了有力支持。总之,相控阵超声检测技术以其独有的特性,在对奥氏体不锈钢管道对接焊缝进行无损检测过程中发挥了重要作用。它通过精确控制换能器阵列中各个阵元的激励时间和相位,实现了超声波束的灵活操控和可视化检测,为无损检测领域带来了重大变革。随着科技的不断进步和应用需求的不断提高,相信相控阵超声检测技术在未来将会得到更加广泛的应用和发展。

3 相控阵超声检测技术在奥氏体不锈钢管道对接焊缝中的应用

3.1 检测系统搭建

在奥氏体不锈钢管道对接焊缝的相控阵超声检测中,检测系统的搭建是确保检测准确性和可靠性的关键。一个完整的相控阵超声检测系统通常包括相控阵换能器、超声仪器、扫描装置以及数据采集与处理系统。首先,检测系统的核心部件主要是相控阵换能器,它负责发射和接收超声波信号。在选择换能器时,需要考虑奥氏体不锈钢的声学特性以及对接焊缝的形态。换能器的频率、晶片尺寸和阵列配置等参数都会直接影响到检测的分辨率和穿透能力。因此,针对奥氏体不锈钢管道对接焊缝的特点,选择具有高灵敏度、宽频带和良好指向性的换能器是至关重要的。其次,超声仪器是控制换能器工作和处理超声信号的设备。现代超声仪器通常具备多种工作模式,可以实现对不同类型缺陷的检测。在对接焊缝的检测中,需要选择适当的扫描模式和信号处理算法,以提高缺陷的检出率和定位精度^[2]。此外,超声仪器还应具备实时显示和记录功能,以便操作人员对检测结果进行即时分析和处理。扫描装置是实现换能器在管道表面移动并进行扫描的机构。根据对接焊缝的形态和检测要求,可以选择不同的扫描方式,如线性扫描、扇形扫描或螺旋扫描等。扫描装置的稳定性和精度对保证检测结果的可靠性具有重要意义。因此,在搭建检测系统时,需要确保扫描装置的结构刚性和运动精度满足检测要求。最后,数据采集与处理系统是负责采集、存储和处理超声信号的部分。该系统应具备快速数据采集能力和超强的信号处置能力,以便对大量的超声信号进行实时分析和处理。通过采用先进的信号处理算法,可以提取出对接焊缝中的微弱缺陷信号,并对缺陷的类别、尺寸和位置进行精准的评判。此外,数据采集与处

理系统还应具备友好的用户界面和强大的数据管理能力,以便操作人员对检测结果进行查看、分析和报告。

3.2 检测参数设置

在对奥氏体不锈钢管道对接焊缝进行相控阵超声检测过程中,检测参数的设置是确保检测准确性和可靠性的关键。合适的参数不仅能够提高缺陷的检出率,还能够减少误判和漏检的可能性。以下是关于检测参数设置的详细分析。第一,超声频率的选择:超声频率是影响超声检测分辨率和穿透能力的重要因素。对于粗晶材料的奥氏体不锈钢而言,较低的超声频率通常具有较好的穿透能力,但分辨率较低;虽然较高的超声频率具有提供更高的分辨率的优势,但在材料中的衰减也更快。因此,在选择超声频率时,需要综合考虑材料的厚度、晶粒大小以及期望的检测分辨率和穿透能力。通常,对于较厚的奥氏体不锈钢管道,可以选择较低的超声频率;而对于较薄或需要较高分辨率的场合,则可以选择较高的超声频率。第二,声束聚焦深度的设置:声束聚焦深度是指超声声束在材料中的聚焦位置。合适的聚焦深度能够确保声束在焊缝区域形成较小的声束斑点,从而提高检测的分辨率和灵敏度。在设置聚焦深度时,需要考虑焊缝的几何特征、材料的声速以及探头的焦距等因素。通常,聚焦深度应设置在焊缝区域的中部或稍偏下的位置,以确保声束能够覆盖整个焊缝区域。第三,扫描速度的控制:扫描速度是指探头在焊缝上方移动的速度。扫描速度的设置直接影响到检测的效率和准确性。较快的扫描速度能够缩短检测时间,但可能导致声束在焊缝中的覆盖不足,从而漏检部分缺陷;而较慢的扫描速度虽然能够提供更全面的覆盖,但也会增加检测时间和成本。因此,在设置扫描速度时,需要综合考虑检测效率和准确性的要求,以及焊缝的几何特征和缺陷的类型等因素。除了上述参数外,还有一些其他参数也需要根据具体情况进行设置,如增益、动态范围、滤波等。这些参数的设置也需要根据材料的声学特性、焊缝的几何特征以及检测要求进行调整^[3]。

3.3 实施检测

在对奥氏体不锈钢管道对接焊缝进行相控阵超声检测过程中,实施检测是关键的一步。这一环节涉及到相控阵换能器的放置、超声仪器的启动和扫描装置的操作等步骤,以确保检测结果的准确性和可靠性。首先,将相控阵换能器正确放置在对接焊缝的表面是至关重要的。换能器的选择应根据管道的规格、焊缝的形状以及检测需求进行匹配。在放置时,应确保换能器与焊缝表面紧密接触,以获得清晰的超声波信号。同时,为了获得更

全面的焊缝信息，可以沿着焊缝的方向移动换能器，进行多角度、多位置的扫描。接下来，启动超声仪器和扫描装置进行焊缝的扫描检测。在检测过程中，实时观察超声仪器的显示屏幕，可以观察到超声波在焊缝中的传播情况以及反射回来的信号。这些信号经过处理后，将显示出焊缝的内部结构以及是否存在缺陷。通过观察显示屏幕，检测人员可以准确记录缺陷的位置、大小和形态等信息。为了确保检测结果的准确性，需要注意以下几个要点：第一，校准：在实施检测前，必须要对相控阵超声检测设备进行常规校验，确保设备的各项参数设置正确，以保证检测结果的可靠性。第二，操作技能：检测人员需要熟练掌握相应的操作技能，能够准确操作相控阵超声检测设备，避免因操作不当引起检测结果不符合要求。第三，环境控制：检测环境对相控阵超声检测也有一定影响。例如，温度、湿度和表面状况等环境因素都可能影响超声波的传播和反射，因此需要控制这些因素以获得准确的检测结果。第四，数据分析：检测完成后，需要对记录的缺陷信息进行深入分析。通过对比标准图谱和实际检测数据，可以评估焊缝的质量等级并确定是否需要返修或报废处理。

3.4 数据处理与分析

随着科技的不断发展，相控阵超声检测技术在无损检测范围中应用会越来越广泛^[4]。这种技术以其高分辨率和高灵敏度的特点，在奥氏体不锈钢管道对接焊缝的检测中发挥着重要作用。本文将重点探讨相控阵超声检测技术在奥氏体不锈钢管道对接焊缝进行无损检测中的实际应用，尤其是数据处理与分析在其中的作用。在相控阵超声检测过程中，数据处理与分析是关键环节之一。首先，采集到的最初超声信号通常包含各种噪声和干扰，需要进行滤波处理，以提取出纯净的超声回波信号。常用应用的滤波方式含傅里叶变换滤波、带通滤波和陷波滤波等。通过这些滤波方法，可以有效抑制噪声干扰，提高信号的信噪比。其次，为了更好地显示和识别缺陷，需要对超声回波信号进行高低增减。增益调整是根据信号的幅度大小进行放大的过程，通过调整增益

参数，可以突出缺陷信号的特征，使其更容易被识别。同时，增益调整还可以帮助操作人员更好地观察缺陷的细节和分布情况。除了滤波和增益调整，时域分析也是数据处理的重要组成部分。时域分析是对超声回波信号的时间域特性进行分析的方法。通过时域分析，可以获取信号的传播时间、幅度和到达时间等信息。这些信息对于判断缺陷的位置、大小和形状非常关键。通过对不同扫描位置的超声信号进行时域分析，可以更准确地判断缺陷的性质和严重程度。在实际应用中，数据处理与分析的效果直接影响到缺陷检测的准确性和可靠性。因此，操作人员需要具备丰富的经验和技能，以便对采集到的超声信号进行准确的分析和处理。同时，为了提高检测效率和质量，还需要不断更新和完善相控阵超声检测设备的软硬件配置。

结语

综上所述，奥氏体不锈钢管道对接焊缝相控阵超声检测技术的应用，为现代工业的无损检测领域注入了新的活力。该技术充分结合了奥氏体不锈钢与对接焊缝的特性，通过精确的超声波束控制，实现了对微小缺陷的高灵敏度检测。未来，随着科技的不断发展与创新，相控阵超声检测技术将在保障工业管道安全、提升产品质量等方面发挥更加重要的作用，为工业界的繁荣发展贡献其独特力量。

参考文献

- [1]李伟,张海兵,陈思远,等.奥氏体不锈钢管道焊缝相控阵超声检测技术研究与应用.无损检测,(2022).44(3),60-64.
- [2]王晓东,蔡志强,刘志平.基于相控阵超声的奥氏体不锈钢焊缝检测方法研究.焊接技术,(2021).50(10),77-81.
- [3]张云飞,马宏伟,杨平.奥氏体不锈钢对接焊缝的相控阵超声检测与评估.机械工程材料,(2022).46(2),6-10.
- [4]陈俊峰,王杜,黄伟.奥氏体不锈钢管道对接焊缝的相控阵超声检测及信号处理.科技创新与应用,(2023).(8),167-170.