

相控阵技术在高锰钢低温储罐上的应用

刘雪峰 叶涛 夏全

荆门宏图特种飞行器制造有限公司 湖北 荆门 448000

摘要: 相控阵技术在高锰钢低温储罐上的应用展现了其独特的优势。该技术通过精确控制超声波束的发射与接收,实现对储罐内部结构的全面检测。在复杂或噪声较大的检测环境中,相控阵技术依然能够准确识别缺陷信号,提供高清晰度的检测结果。这一技术的应用不仅提高检测效率,还确保储罐的安全性和可靠性。本文详细探讨了相控阵技术在高锰钢低温储罐焊接质量检测、材料性能评估及完整性评估中的应用,为工业检测和质量控制提供新的思路和方法。

关键词: 相控阵技术;高锰钢低温储罐;应用

1 高锰钢低温储罐概述

1.1 高锰钢的材料特性与应用优势

高锰钢是一种具有独特性能的钢材,其特点在于硬度高且脆性大。在强烈的冲击和挤压条件下,高锰钢表层能迅速发生加工硬化现象,这种特性使得它在心部保持奥氏体良好的韧性和塑性的同时,硬化层展现出卓越的耐磨性能。这是其他材料所难以比拟的。高锰钢的耐磨性主要体现在具备形成加工硬化的条件下,此时它的耐磨性能极为优越。高锰钢主要用于需要承受冲击、挤压和物料磨损等恶劣工况条件的场合,如采石、采矿、挖掘、煤炭工业、铸造和钢铁行业等。这些应用场合中,材料的破坏形式主要以磨损消耗为主,部分涉及断裂和变形。

1.2 低温储罐的结构与工作原理

低温储罐是一种重要的工业设备,用于存储并保持低温液体的绝热容器。其结构通常由内罐、中间隔热层和外罐组成。内罐由薄低温钢板制成,具有液密性和可挠性。中间隔热层是内、外容器夹层充填绝热材料(如珠光砂、铝箔、保温棉等)并抽真空,目的是隔绝内外热交换。外罐则是能承受各种负荷的外壳,具有足够的强度,根据材料不同可分为冻土壁、钢制壁、钢筋混凝土壁及预应力混凝土壁等。低温储罐的工作原理在于,在储罐的壁体和隔热层封闭的空间内,注入高压保温材料以保持低温液体的温度^[1]。正常情况下,低温液体会以极小的速度蒸发或升温,但由于高压保温材料的作用,其温度仍然保持在低温状态。这种储罐可用于存储多种低温液体,如消防水、液氨、液氧、液氢、液氮、甲醇、液态乙烯、液化天然气等。

1.3 低温储罐的制造、安装及运行要求

低温储罐的制造过程需要严格控制材料的质量和工

艺参数,以确保储罐的强度和绝热性能。在安装过程中,低温储罐应安装在具有良好通风的场所,通常宜在室外,并设置栅门,周围5米内不得有明火、可燃易爆物及低洼处。此外,储罐还需配备导除静电的接地设备和防雷击设备,以确保安全。在运行过程中,低温储罐的充满率不得大于95%,以防止过量充装。需要定期检查压力表、阀门等部件,确保其正常工作。当储罐上的阀门、外表、管道等冻结时,应使用70~80℃的氮气、空气或热水进行解冻,严禁使用明火加热。操作人员需经过培训并考试合格后才能上岗,且需遵守相关规定,穿戴合适的防护服装和鞋子。低温储罐的维护和保养也是确保其安全稳定运行的重要环节,需要定期检查罐壁绝热层、支撑结构、进出料口、泄压口、测温孔等部件是否完好,并清洗罐壁内外表面,以保证罐体的可靠性和安全性。

2 相控阵检测技术的优势

2.1 高信噪比与分辨率

相控阵检测技术以其出众的高信噪比与高分辨率特性,在工业检测领域备受瞩目。该技术凭借先进的电子扫描技术,实现对超声波束发射与接收的精确控制。这一控制机制有效抑制噪声干扰,显著提升检测信号的清晰度,使得检测人员能够在复杂或高噪声环境中,依然能够准确识别缺陷信号。高信噪比确保了检测结果的准确性和可靠性,为工业生产和质量控制提供有力的支持,高分辨率的特性更是让相控阵检测技术如虎添翼。它能够捕捉到更加细微的缺陷特征,为检测人员提供了更为丰富的信息,从而有助于精确评估缺陷的性质、位置和大小。这一优势使得相控阵检测技术在确保工业安全、提升产品质量方面发挥着举足轻重的作用。

2.2 灵活的声束偏转与聚焦性能

相控阵技术的另一大显著优势,在于其声束偏转与聚焦性能的灵活性。这一技术通过精确调整阵列中各阵元的激励相位,实现了对超声波束的实时控制和优化。检测人员可以根据实际需求,灵活调整声束的偏转角度和聚焦深度,从而实现对检测覆盖范围的精准控制。这种灵活性使得相控阵技术在面对复杂几何形状的被检对象时,能够轻松应对,确保检测结果的全面性和准确性。当需要对特定区域进行细致检查时,相控阵技术也能够提供理想的解决方案,确保检测工作的针对性和有效性。聚焦性能的提升进一步增强了相控阵技术的检测灵敏度,这意味着,即使面对微小的缺陷,相控阵技术也能够准确捕捉并识别,为工业生产和质量控制提供了更为可靠的保障^[2]。

2.3 检测速度快、反馈及时

相控阵检测技术的另一大显著优势,在于其检测速度的高效性和反馈的即时性。这一技术通过电子扫描的方式,实现了对超声波束的精准控制,从而能够在极短的时间内完成大面积或复杂结构的检测任务。相较于传统检测技术,相控阵技术无疑大大提高检测效率,为工业生产和现场检测带来极大的便利。更重要的是,相控阵检测系统具备实时处理检测数据并生成检测结果的能力。这意味着检测人员可以在第一时间获得检测结果,无需等待冗长的数据处理过程。这种即时的反馈机制,使得检测人员能够迅速对检测结果进行解读和评估,从而及时发现问题并采取相应的措施。在生产线检测、现场检测等需要快速决策的场景中,相控阵检测技术的这一优势尤为突出,为工业安全和质量控制提供了有力的支持。

3 相控阵技术在高锰钢低温储罐应用中的挑战

3.1 对被检器表面粗糙度要求较高

相控阵技术在应用于高锰钢低温储罐的检测时,面临的首要挑战是对被检器表面粗糙度的高要求。高锰钢材料本身硬度高、耐磨性强,但在加工和制造过程中,其表面可能会形成一定的粗糙度。而相控阵检测技术的超声波束对表面状态极为敏感,若表面粗糙度过高,会导致超声波束的散射和反射,严重影响检测结果的准确性和可靠性。在进行相控阵检测前,需要对高锰钢低温储罐的表面进行严格的预处理,确保其满足检测要求,这无疑增加了检测工作的复杂性和成本。

3.2 对温度相对敏感

相控阵技术在高锰钢低温储罐应用中的另一个挑战是对温度的敏感性。低温储罐通常用于存储液氮、液氧等低温介质,其内部温度极低。而相控阵检测设备的性

能受温度影响较大,特别是在极端低温环境下,设备的稳定性和准确性可能会受到影响,低温环境下材料的物理性质也会发生变化,如热膨胀系数、声速等,这些变化都可能对检测结果产生干扰。在进行相控阵检测时,需要充分考虑温度因素的影响,并采取相应的措施进行补偿和校正。

3.3 设备成本高、人员素质要求高

相控阵技术作为一种先进的无损检测技术,其设备成本相对较高。高质量的相控阵检测系统不仅包含复杂的硬件组件,还需要先进的软件支持,以确保检测数据的准确性和可靠性。相控阵检测技术的操作和维护也需要具备较高专业素质的人员。这些人员不仅需要掌握超声波检测的基本原理和操作技能,还需要具备对检测结果进行准确解读和评估的能力。在高锰钢低温储罐的相控阵检测应用中,设备的高成本和人员素质的高要求成为制约其广泛应用的重要因素。

4 相控阵技术在高锰钢低温储罐上的应用

4.1 相控阵技术在高锰钢储罐焊接质量检测中的应用

相控阵技术作为一种先进的无损检测技术,其高锰钢低温储罐焊接质量检测中的应用日益广泛。高锰钢储罐由于其材料的高强度和耐磨性,广泛应用于需要承受极端条件的工业领域,如液化天然气(LNG)储存、化学品处理等。在这些应用中,焊接接头的质量直接关系到储罐的可靠性和安全性。相控阵技术通过电子扫描控制超声波束的发射和接收,可以实现对焊接接头的全面检测。相比传统的超声波检测技术,相控阵技术具有更高的分辨率和更灵活的声束控制。这使得检测人员能够更准确地定位焊接接头中的缺陷,如裂纹、夹渣、未熔合等。同时,相控阵技术还可以对缺陷的深度和尺寸进行精确测量,为缺陷的评估和修复提供重要依据。在高锰钢储罐的焊接质量检测中,相控阵技术的应用主要体现在几个方面:(1)快速扫描与高效检测:相控阵技术可以快速扫描焊接接头,大大提高检测效率。特别是在大型储罐的焊接质量检测中,相控阵技术能够显著缩短检测周期,降低检测成本^[3]。(2)精确缺陷定位:相控阵技术能够实时显示超声波束的传播路径和反射信号,从而精确定位焊接接头中的缺陷位置。这有助于检测人员快速找到潜在的安全隐患,并采取相应的修复措施。(3)复杂结构检测:高锰钢储罐的结构往往复杂多样,包括多种曲面和接头形式。相控阵技术能够灵活调整声束的方向和聚焦点,实现对复杂结构的全面检测。这保证了焊接接头在复杂结构中的检测质量,提高了储罐的整体安全性。(4)数据分析与记录:相控阵技术

还能够对检测数据进行实时记录和分析,生成详细的检测报告。这有助于检测人员准确评估焊接接头的质量状况,并为后续的维护和修复工作提供可靠依据。

4.2 相控阵技术在高锰钢储罐材料性能评估中的应用

除了焊接质量检测外,相控阵技术还可以用于高锰钢储罐材料性能的评估。高锰钢材料在低温环境下可能会发生一些物理和化学变化,如硬度增加、韧性降低等。这些变化可能影响储罐的力学性能和耐腐蚀性,进而对储罐的安全运行构成威胁。相控阵技术通过测量超声波在材料中的传播速度和衰减特性,可以评估材料的弹性模量、密度、硬度等力学性能参数。相控阵技术还可以检测材料中的微观缺陷和裂纹,以及材料的微观组织和结构变化。这些信息对于评估高锰钢储罐的材料性能具有重要意义。在高锰钢储罐材料性能评估中,相控阵技术的应用主要体现在几个方面;第一、材料弹性模量和密度测量:相控阵技术可以测量超声波在材料中的传播速度,进而计算材料的弹性模量和密度。这些参数对于评估储罐的强度和稳定性至关重要。第二、材料硬度评估:相控阵技术还可以通过对超声波在材料中的衰减特性进行分析,评估材料的硬度。这对于预测储罐在低温环境下的变形和失效行为具有重要意义。第三、微观缺陷和裂纹检测:相控阵技术能够检测材料中的微观缺陷和裂纹,这些缺陷可能导致材料的力学性能下降。通过及时发现并修复这些缺陷,可以提高储罐的安全性和可靠性。第四、材料微观组织和结构分析:相控阵技术还可以对材料的微观组织和结构进行分析,了解材料的成分、晶粒大小、相分布等信息。这些信息对于理解材料的性能变化和制定针对性的维护策略具有重要意义。

4.3 相控阵技术在高锰钢储罐完整性评估中的应用

高锰钢低温储罐在长期运行过程中,可能会受到各种因素的损害,如腐蚀、疲劳、磨损等。这些损害可能导致储罐的完整性受损,进而影响其安全运行。因此,定期对储罐进行完整性评估是必要的。相控阵技术在高

锰钢储罐完整性评估中的应用主要体现在几个方面;其一、全面检测与缺陷识别:相控阵技术可以对储罐进行全面检测,识别出潜在的缺陷和损伤。这些缺陷可能包括裂纹、腐蚀坑、磨损痕迹等。通过及时发现并修复这些缺陷,可以延长储罐的使用寿命并提高安全性^[4]。其二、结构健康监测:相控阵技术还可以用于监测储罐的结构健康状态。通过定期检测和分析超声波数据,可以了解储罐的结构变化情况,如变形、裂纹扩展等。这有助于及时发现并处理潜在的安全隐患。其三、风险评估与预警:相控阵技术能够对储罐的完整性进行风险评估,并根据评估结果制定针对性的维护策略。通过监测和分析超声波数据的变化趋势,可以预测储罐的失效概率和剩余寿命。这有助于提前采取措施避免储罐失效事故的发生。其四、数据管理与分析:相控阵技术还能够对检测数据进行实时记录和分析,生成详细的检测报告和数据库。这有助于管理人员对储罐的完整性进行长期跟踪和评估,为后续的维护和修复工作提供可靠依据。

结束语

相控阵技术在高锰钢低温储罐上的应用具有显著的意义和价值。它不仅提高检测精度和效率,还为储罐的安全运行提供有力保障。随着技术的不断进步和应用领域的拓展,相控阵技术将在更多领域展现其独特优势,为工业生产和质量控制注入新的活力。未来,期待相控阵技术在高锰钢低温储罐检测领域取得更多突破和创新。

参考文献

- [1]蔡美,许云华,牛立斌.钕钛高锰钢的研究现状与发展趋势[J].中国材料科技与设备,2021(6):16-18.
- [2]庞晓琛.热处理工艺对合金化高锰钢组织及性能的影响[J].热加工工艺,2019,48(02):224-226.
- [3]于浩,宋邦民.耐磨钢铁材料在选矿行业的应用及发展趋势[J].鞍钢技术,2021(03):1-9.
- [4]赵金柱,谢志峰,卫红.一种改善耐磨高锰钢碳化物形态的热处理工艺.金属热处理.2023,48(03).139-142