

超声波探伤技术在锅炉压力容器检测中的应用

宗毅

河北省特种设备监督检验研究院张家口分院 河北 张家口 075001

摘要: 锅炉压力容器在我国国民经济发展中起到了关键作用,对经济建设具有重要意义。其中,压力容器检测探伤技术的发展对锅炉压力容器的安全运作具有重要影响。完善的检测探伤技术能够保障生产作业人员的安全,避免发生重大安全事故,同时减少爆炸事故对环境的破坏。因此,我国越来越重视锅炉压力容器检测技术的提升。其中,超声波检测探伤技术作为一种无损检测技术,在工业领域得到了广泛应用。

关键词: 锅炉压力容器;超声波探伤技术;超声波检测;技术应用

前言

在我国经济繁荣和人民生活水平提高的过程中,锅炉在制造业、石油化工、能源产业等领域一直发挥着重要作用,对国民经济的快速发展起到了关键推动作用。然而,由于锅炉通常在恶劣的环境中运行,容易受到天气等外部因素的影响,导致锅炉压力不稳定、密封性差等问题,严重时甚至可能引发爆炸、燃烧等安全事故,对人民群众的生命安全构成严重威胁。因此,我国相关部门高度重视锅炉压力容器的检测工作,逐渐将其纳入新的研究领域,通过大力投入科学技术,提高锅炉压力容器的稳定性和安全性。在此背景下,本文将探讨超声探伤技术在锅炉压力容器检测中的应用。

1 超声波探伤技术概述

1.1 数字超声波探伤扫描技术的类型

超声波探伤技术是一种无损检测方法,广泛应用于锅炉压力容器的检测中。该技术通过发射超声波并接收回波,对工件进行扫描,以发现缺陷、评估缺陷性质和确定缺陷的位置。

数字超声波探伤扫描技术主要分为以下几种类型:

(1) A型超声波探伤扫描技术:将回波的幅度显示在阴极射线管的荧光屏上,以横坐标表示被探测物体的深度,纵坐标表示回波脉冲的幅值。通过换能器的定点化发射和相应位置的测量,可以获得工件的厚度和缺陷。根据回波的其他特征,如反射波的形状和密度,可以对部分缺陷进行定性判断。该波形能直接反映局部的回波信息,但无法获取工件的解剖图形,操作受操作人员主观影响较大。

(2) B型超声波探伤扫描技术:以辉度调制的方式显示工件的二维超声断面图。探头中的超声声速在水平方向上以电子方式快速扫描,并逐渐对不同位置的深度方向提供反射波。扫描完成后,可以得到关于声束的二维超声

断层图像。

(3) D型数字超声波探伤扫描技术:与B型超声波探伤扫描技术相似,但主要应用于侧面图。该技术的深度方向涉及所有截面的反射波,探头的发射超声束在垂直方向上进行电子扫描。逐次获得不同位置截面的反射回波后,可以得到超声声速的扫描方向决定的垂直平面的二维超声断层图像。

(4) C型超声波探伤技术:采用多元线阵的探头进行纵横方向的全面扫描。在水平方向上与B型采用相同的电子扫描方式,在相对方向上采用机械性进行探头的位置调整。若要获得某一探测深度的声像图,可以在接收回路中相应距离设置开关,利用控制开关的时间实现信号的接收。

此外,还有Tofd数字超声波探伤技术与相控阵数据超声波探伤扫描技术。Tofd技术通过散射方式获得信号并判断结构缺陷,相控阵技术则通过相控阵技术对所有探头震元提供激励脉冲,合成波束的图像。

1.2 数字超声波探伤扫描技术原理

数字超声波探伤技术和X射线探伤技术是当今世界两大并列的无损检测技术。数字超声波探伤技术因高科技性而受到广泛关注。超声波信号具有高频特性,频率范围为2-25kHz。随着计算机技术的发展,该技术已能通过计算机的连接,充分发挥其优势,在锅炉探伤检测中起到重要作用。通过某种接口,超声波与微型计算机或小型计算机相连,克服了传统模拟超声探伤技术的局限性。计算机的介入可以直接处理检测锅炉中获得的探伤波形,消除信号中的噪声,并进一步进行增强控制、图像显示和数据分析。系统连接的计算机设备接收由AD模数转换器转换的数字信号,并采取进一步的行动。通过对接收到的信息进行人工或计算机控制判断,确定检测到的信息的位置。

在这个过程中,转换器的功能是将位置转换为数字信息并存储在计算机中。计算机处理超声波形的位置和时间变化后,获得超声波探伤扫描的各种数据,经过复杂的计算和处理,得出相关结果。

1.3 数字超声波探伤技术的缺点

超声波信号的高频特性意味着,理论上,超声波在无限大和均匀的介质中是通过直线途径传播的。然而,由于非均匀介质的特性,超声波会产生折射、投射和反射现象,这些变化会转化为输出信号,这可能会对超声波仪器的检测结果产生不利影响,导致出现缺陷问题的误判。

超声波检测技术常被用于评估固体材料的微观组织,以及相关力学性能的微观和宏观不连续性。然而,大部分检测设备的局限性在于其只能进行单一扫描形式,这限制了其应用范围,并需要依赖模拟量信号的分析,这对检测分析人员的经验提出了很高的要求,通常需要辅以人工分析手段才能获得正确的结论。

数字超声波探测技术的一个缺点在于,它对被探测物件的要求相当严格,必须具备表面光滑且厚度足够大的条件,否则将无法保证探测的精度。此外,由于探测角度的问题,超声技术对于某些工件的检测位置和缺陷程度的精确度并不高,这可能导致因微小缺陷而导致灾难性事件的发生,带来严重的生产安全事故损失以及对工作人员的伤害。因此,区分非缺陷波等结构型同波的研究是必要的,通过模式识别等方法可以提高超声波检测技术对工件缺陷的准确识别。

2 超声波检测仪器缺陷定位定量的影响因素

2.1 缺陷定位的影响因素

2.1.1 仪器

在进行超声波探伤检测时,工作人员需要保证仪器在水平线性方面达标。在锅炉压力容器的检测过程中,由于自然曲度(如锅炉表面的自然曲度、管道的自然曲度)的影响,仪器水平线性可能不符合要求,导致缺陷定位出现误差。此外,超声波检测仪器的水平刻度精度也会对缺陷定位产生不可忽视的影响。调节水平刻度值时,超声波检测仪器的基线比例会随之变化。

2.1.2 探头

实际操作中,实际声束轴线从检测仪器发出,若其与几何中心相距较远,会降低检测结果的有效性。长期使用情况下,探头的性能可能会降低。主要声束可以证明设备存在缺陷,但无法确定哪个声束检测出了缺陷,从而影响缺陷定位的准确性。探头经过多次使用后,斜楔部位容易

磨损。如果前面磨损严重,检测过程中会增大探头K值及折射角;如果后面磨损严重,检测过程中会减小K值及折射角。

2.1.3 工件

工件对缺陷定位的影响主要包括两个方面:一是工件的外观(形式及粗糙程度)。锅炉压力容器工件外观呈凹凸状、表面过于粗糙时,超声波无损探伤过程中发生耦合不良现象的概率极大。同时,不同工件中声波的传递路径、传递时间可能存在差异性。当声波转化为输出信号并在显示屏上显示时,也可能存在差异性。超声波检测仪器检测内容通常包含很多曲面。当曲面与探头平面两者相接触时,如果操作人员出现失误,则极易造成检测误差。此外,探头所处的角度不同,检测中的折射角自然也不同,从而降低了缺陷定位工作的质量;二是锅炉压力容器工件材料的质量。声阻在非均匀介质中其的传递、形成的界面等皆存有很大的区别。如果在生产、制造锅炉压力容器时所采用的材料不均匀,则会影响到超声波检测仪器发出的声束。此外,锅炉压力容器工件的材料质量对内应力具有一定的影响。不均匀的工件材料极易磨损探头,影响到探头的K值及折射角,进而使得缺陷定位出现误差。

2.2 缺陷定量的影响因素

缺陷定量受到多个因素的影响,其中仪器性能是重要因素之一。在无损探伤中,仪器的耐用性和质量对检测结果具有重要影响。因此,在选择仪器时,工业企业应注重其质量和性能。对于超声波检测仪器而言,探头是最易磨损的部位,因此需要特别注意探头的维护和更换。此外,仪器的回波高度受到芯片尺寸、垂直线性、衰减器精度、探头形式等多种因素的影响,因此在使用仪器时需要注意这些因素对定量结果的影响。

除了仪器性能外,操作人员也是影响缺陷定量的重要因素。不同操作人员在工作方式、习惯等方面存在差异,这会导致探头的磨损程度不同,从而影响定量结果的准确性。此外,操作人员对基线比例等参数的调整方式也会影响定量结果。因此,需要对操作人员进行专业培训,提高他们的专业知识和技能水平,以确保定量结果的准确性。

最后,耦合与衰减也是影响缺陷定量的重要因素。实践证明,耦合层厚度和耦合剂的声阻抗会影响回波高参数的精度。当工件外观凹凸不平或较为粗糙时,容易发生耦合不良现象。因此,在进行缺陷定量时,需要考虑检测对象表面的耦合状态实际情况,并在校准灵敏度时进行补偿和减小耦合误差。

3 超声波探伤技术在锅炉压力容器检测中的应用

3.1 容器缺陷的定位方法

3.1.1 波束方向的确定

在缺陷检测过程中,超声波的波束方向是决定缺陷能否被检出的关键因素。为了确保波束方向正确,必须确保探头的方向与容器表面保持一致。如果容器表面过于粗糙,可能会导致波束方向出现误差,从而影响缺陷检测的结果。此外,如果检测对象的体积较大,缺陷定位的效果也会受到影响。因此,在进行锅炉压力容器检测前,应确保其表面光滑无污染。如果无法在检测前排除这些因素,应将它们纳入检测结果的分析过程中,充分考虑其对检测结果准确性的影响,以避免缺陷定位错误。

3.1.2 预防数据读取偏差

超声波数据的读取是否存在误差,一定程度上取决于仪器是否存在缺陷。为了解决这一问题,缺陷检测人员应在检测前及时对仪器进行调试和校准。如果发现仪器本身存在故障,则应对其进行更换。数据出现偏差的直接原因在于仪器水平线存在偏差。因此,检测人员需要预防该偏差的发生,以提高检测结果的准确性。在超声波探伤时,探头的实际轴线应与其几何中心轴线完全重叠。如果不重叠,容易导致“双峰”现象的出现,使得工作人员无法对故障进行准确地定位。因此,缺陷检测时必须确保探头无故障。

3.2 缺陷检测干扰的预防

3.2.1 衰减的预防

在超声波探伤技术的应用过程中,工作人员需要使用耦合剂对容器进行涂抹。在此过程中,耦合剂的涂抹厚度是决定超声波阻抗能力的主要因素。如果待检测的容器表面粗糙,即使涂抹耦合剂,检测效果也可能会出现较大的误差。此外,检测仪器的耦合状态以及物体的耦合状态同样会对缺陷定位的准确度造成影响。因此,必须保证两者的一致性或将其差异控制在允许的范围内,以提高缺陷定位的精度。

3.2.2 性能干扰的预防

超声波探伤仪器具有精度高、复杂度强的特征。如果仪器本身性能出现异常,缺陷检测结果必然会出现异常。例如,折射角:在容器缺陷检测时,超声波探头需要与容器表面直接接触。长期使用的过程中探头可能会出现斜楔磨损问题导致误差产生。因此,预防探头磨损是十分关键的。

3.3 超声波探伤技术的应用实例

3.3.1 曲线的绘制

在锅炉压力容器钢板“焊缝”检验中,超声波探伤技术被广泛应用于“距离一波幅”曲线的绘制。检测人员首先涂抹耦合剂,并将探头放置在待检测容器上,从而得到“距离一波幅”曲线以及信号传播曲线。通过观察这些曲线,可以实现对缺陷的评定。

3.3.2 缺陷的评定

缺陷评定的关键在于对缺陷长度的判定。如果最大反射波幅位于“定量线”与“判废线”之间,那么长度小于10mm的缺陷应被记为5mm。如果存在两处缺陷且间距小于8mm,则将两个缺陷的长度相加得到总缺陷长度。如果间距大于8mm,则应分别记录。这种方法能够提高缺陷长度判定的准确性,并有效避免评级错误,从而提高锅炉压力容器缺陷的检出率。

3.3.3 结果的判别

在得到缺陷长度指标后,需要对缺陷的危险性进行判别。对于危险性较大的缺陷(如裂纹),应重点进行处理。对于危险性较小的缺陷,可以继续观察其波幅,并根据观察结果判断是否需要返修。根据板材厚度和缺陷等级,相关领域需制定不同的修复方案,以确保检测出的缺陷能够及时得到弥补,保障化工等行业的运行安全性。

结语

超声波探伤技术作为一种无损检测技术在锅炉压力容器检测中具有显著优势,具有分辨率高、定位准确等特点,能快速、准确地检测出锅炉压力容器的缺陷。随着现代化科学技术的不断发展,超声波检测技术将会表现出更强大的生命力。

参考文献

[1] 马成军. 浅谈超声波探伤技术在锅炉压力容器检测中的应用[J]. 化工管理, 2017, (33): 115.
 [2] 滑翔, 都超. 谈锅炉压力容器超声波检测技术[J]. 军民两用技术与产品, 2018, (4): 229-230.
 [3] 杨年, 宋瑞祥. 超声波检测在实际生产中的应用[J]. 科技与创新, 2018, (6): 152-153.
 [4] 马骏. 数字超声波探伤扫描技术在锅炉检测中的应用[J]. 中国新技术新产品 2016(16): 18, 19.
 [5] 陈诚. 乔业成. 超声波技术在金属内衬压力容器检测中的应用研究[J]. 世界有色金属, 2019, 4(4).