

研究金属材料超声缺陷检测关键技术

张钊源 吕显威 祖梦雪 陈一亮

山东省特种设备检验研究院有限公司 山东 济南 250000

【摘要】：金属材料是工业制造业当中应用较多的制造材料，实际生产制造过程当中，往往由于技术水平不足或机械设备问题而导致金属材料存在一定的缺陷，这就需要采用相应的检测技术，及时发现金属材料所存在缺陷，并予以修正。超声波检测是集传感器技术、信号处理技术、模式识别与图像显示等技术为一体的先进综合技术，在无损检测当中应用较为广泛。本篇文章首先介绍超声波检测技术相关概念，并阐述当前金属材料所存在缺陷的类型，同时明确金属材料超声缺陷检测关键技术相关原理，最后针对金属材料超声缺陷检测关键技术的实践应用做出简要讨论。

【关键词】：金属材料；超声无损检测；缺陷检测；关键技术

Study the Key Technique of Ultrasonic Defect Detection of Metal Materials

Zhaoyuan Zhang, Xianwei Lv, Mengxue Zu, Yiliang Chen

Shandong Special Equipment Inspection and Research Institute Co., LTD., Shandong Jinan 250000

Abstract: Metal materials are the most widely used manufacturing materials in industrial manufacturing. In the actual production and manufacturing process, there are often certain defects in metal materials due to insufficient technical level or mechanical equipment problems. This requires the use of corresponding detection technology to timely detect and correct the defects in metal materials. Ultrasonic detection is an advanced and comprehensive technology integrating sensor technology, signal processing technology, pattern recognition and image display technology, which is widely used in nondestructive testing. This article first introduces the relevant concepts of ultrasonic detection technology, expounds the types of defects of metal materials, clarifies the relevant principles of the key technologies of metal materials, and finally briefly discussed the practical application of the key technologies of ultrasonic defect detection of metal materials.

Keywords: metal materials; ultrasonic non-destructive testing; defect detection; key technology

金属材料主要指的是具有较好延展性、带有光泽、容易传热和导电等性质的材料，通常包括有色金属和黑色金属以及特种金属材料，其中黑色金属主要有铁、铬、锰等，黑色金属中的钢铁材料，是属于基本的结构材料。而有色金属是指除铁、铬、锰以外的所有金属及其合金，通常分为轻金属、重金属、贵金属、半金属、稀有金属和稀土金属等，有色合金的强度和硬度通常相比纯金属更高，且其电阻大、电阻温度系数较小。在金属材料加工中，出现缺陷容易影响金属材料的性能，而超声缺陷检测是属于当前工业制造业无损检测中应用较为广泛的一种技术方法，其中应用较多的超声缺陷检测技术为超声相控阵技术，与传统超声检测技术相比有着更好的优势，可以通过对超声波束时间延迟的有效控制，使波数产生偏转，进而实现对检测金属材料的全方面缺陷检测，做到综合性检测扫描。

1 超声缺陷检测技术及其发展现状

超声波缺陷检测技术当中所使用的超声波是一种可在弹性介质当中有效传播的机械波，其所具有的振动频率范围超出20KHz，超过了人可听见的声波频率范围，所以，被称为超声波。依据波动当中质点的振动方向与波的传播方向所存在关系，通常可以将超声波划分为横波、纵波、表面波与兰姆波。其中纵波是质点的振动方向和声波传播方向相互平行的波；横

波则是质点振动方向与声波传播方向垂直的波；表面波是固体介质表面受其交替变化所产生表面张力作用，从而使质点发生相应纵向与横向振动的波；兰姆波则可分为非对称型与对称型兰姆波，主要是由倾斜入射到薄板中的声波所产生沿薄板延伸方向传播的一种波。

超声波在无限大介质当中传播时，声束通常会一直传播，不会发生方向上的改变，只有声波遇到声阻抗差异性较大的异质界面时，才会发生折射或反射的情况。

超声波检测技术最早产生于上世纪30年代，是由苏联科学家所提出，主要是使用超声波进行金属材料内部构造的研究，发展到上世纪40年代中期，美国与英国也分别研究出脉冲反射式超声波探伤仪，并且将这种技术使用在了锻钢的缺陷检测当中。到上世纪50年代，超声波检测技术进入到各工业领域当中，德国科学家研制出灵敏度更高的超声波检测仪，这也使缺陷检测技术得到快速的发展，发展至上世纪80年代，超声波相控阵技术陆续被应用到了无损检测当中。

我国无损检测技术发展速度同样迅猛，最初接触超声波检测技术是于建国初期，由铁道部引入德国无损检测技术，用于进行铁轨金属材料的缺陷检测。1953年，我国成功研发出了脉冲式超声波检测仪，在不断的改进和科技快速进步推动下，无

损检测技术也逐渐向小型化与智能化方向发展。

2 金属材料缺陷类型概述

金属材料主要是指金属元素或以金属元素为主构成的材料,目前我国工业发展过程当中较为常见的金属材料缺陷主要包括以下几种类型:

第一种:裂纹。

金属材料的裂纹缺陷又可以划分为铸造裂纹、热纹、锻造裂纹和疲劳裂纹等等,其中热裂纹主要是由于处于高温热处理下所造成的裂纹,是在铸钢件当中较为常见的缺陷,由于其是通过高温热处理,所以裂口表面容易被空气所氧化,而呈现出明显的氧化色裂纹,外形呈现出无规则的曲折。

锻造裂纹则主要是指在进行金属材料锻造或压制过程当中,由于工艺操作不当或技术原因而导致产生的裂纹,主要涵盖了锻造不当造成的内部裂纹和内应力造成的内部裂纹,以及炸裂、烧裂与缩孔而引发的内部裂纹。

疲劳裂纹则是源于金属部件在一定周期内受到变动负载作用而产生的断裂。

第二种:白点。

金属材料出现白点缺陷大多处于材料的内部,形状多为圆形、椭圆形、斑点状或其他形状,是属于金属材料当中极为危险的一种缺陷。白点容易在大截面位置产生,通常在外圆表面或端头表面不会产生白点,所以其与夹杂物和疏松物的分布规律有所不同,这也是判断白点缺陷的主要依据。

第三种:缩孔。

在进行金属材料零部件铸造和凝固过程当中,由于凝固收缩而导致凝固位置出现孔洞被称为金属材料缩孔缺陷,通常会将一些较大且较为集中的孔洞称为缩孔,将细小且分散的孔洞称为缩松,孔洞表面通常较为粗糙,多呈现出树枝状晶的末梢,形状并不规则,且与表面光滑的气孔相比较而言,有着较为明显的区别。

第四种:疏松。

金属材料缺陷当中,疏松主要划分为中心疏松和一般疏松,其中一般疏松特征主要具有横向低倍试片上呈分散的小黑点或小孔隙。一般性疏松呈现出海面状,容易产生腐蚀。中心疏松特征则体现在横向低倍试片上相当于钢锭的轴心部位出现较为集中小空隙或小黑点,中心疏松主要为不致密组织,其与一般性疏松有着明显的不同。

第五种:夹杂。

金属材料当中,夹杂物主要包括异类金属性夹杂物和非金属性夹杂物,其中非金属性夹杂物较为常见,会从含量和形态以及分布等多个方面对金属材料性能产生严重的影响。

3 金属材料超声缺陷检测关键技术原理

在当前金属材料超声缺陷检测所应用的关键技术当中,超声相控阵检测技术是一种较为新型高效、精确的缺陷检测技术,其基本原理主要为通过使用阵列转换器,发挥其中每个阵元功能来接收脉冲时间延迟,通过改变相位关系来达到聚焦点和声波束方向位置变化,实现控制相波向空波束的合成与成像。

超声相控阵检测技术是利用提前合理设计的每个独自发射以及时间延迟电路、每一次激励一个或者多个压电阵元,以此来获得可以控制、预先期望得到的相位声波,而其中各个压电阵元在材料检测的过程中,会使产生的声场相互的干涉叠加,进而可以得到预期想得到波束进入角度以及位置。所以,通过这种新的技术方法,可以形成声束的聚焦和偏转等相控效果。

在规定检测角度中,超声信号实现波束的扫描时,能够通过压电振元收到的回波信号值来实现检测角度、范围的控制,而当波束扫描到了缺陷地时,波数会集中聚集到缺陷处,此时回波信号的信号最强,同理可以得出,当波束远离缺陷处时,此时回波信号的信号逐渐减弱,所以,由此可以得出,依据回波信号强弱,可以判断出缺陷的准确位置。

4 金属材料超声缺陷检测关键技术应用

首先,进行金属材料缺陷检测基本模型的确定。

对金属材料进行缺陷检测是工业制造业当中必要环节,通过超声缺陷检测技术的应用,能够快速、精准发现金属材料的缺陷,其首要任务是进行金属材料缺陷检测主要部分的确定,对不同金属材料基本检测模型予以确定。

不同金属材料所采用检测声波控制也不同,现代声波控制基础上可采用非线性声波控制技术予以检测,如线性分解技术,将金属检测区域进行综合分配之后,确定信号检测基本方式,再进行金属材料检测区域检测声波数据分析,主要分析其正交性和自适应性,以实现现代超声缺陷检测技术结构的逐步完善,发挥出其内在缺陷检测的基本作用。

另外,超声缺陷检测技术在金属材料结构检测当中的使用也需要确定金属声波检测的基本方式,以实现检测技术的逐步优化。如现代声波缺陷检测过程中,相关技术人员需要根据以往经验对金属材料缺陷检测进行正确判断,确定的检测结构主要是基于经验基础上确定金属检测基本方式,如对于乌合金的缺陷检测,由于密度较低,依据其焊接基本工艺可实现检测结构的综合分配。

其次,进行声波检测矩形控制波阵的构建。

构建声波检测矩形控制波阵需以声波检测技术为基础,进行声波控制的综合分析,声波控制检测过程中,先建立金属监

控基本检测区域,以确定声波检测矩形,其各部分所采用检测技术可实现现代声波监控范围综合划分,以声控检测基本范围作为主要检测范围,确定缺陷检测基本分析结构,并逐步实施现代检测结构资源的合理配置。

例如,假设某金属检测矩形波阵确定为 A、B、C、D,以声波检测作为核心,其检测范围、分配格局主要划分为 A1、A2、B1、B2、C1、C2 和 D1、D2,根据矩形分布结构来进行整个检测过程的控制,以实现超声缺陷检测关键技术的综合应用。

再次,进行超声波缺陷检测。

金属材料超声缺陷检测关键技术的应用当中,根据矩形检测声波控制范围内的控制要点进行金属材料各部分检测信号初步输入,以做到监控信号的初始定位,并逐步进行超声波检测时间填加和增加指定超声波检测信号波,实现检测信号波束的分布处理,再根据金属材料检测所具体的规划区域,针对金属材料予以多次声波检测扫描,同时使用声波检测传感器予以声波收集,再进行声波控制,实现各部分信号检测。

在超声波缺陷检测过程当中,也可实现信号波的综合性收集,信号检测操作人员需要根据信号波收集强度对整体信号在信号传输当中的综合性分析,以完成信号检测周期性循环。通过对超声检测关键技术的综合性分析可实现金属材料检测区域综合性检测。

我国目前所应用的超声检测结构与检测波形分析技术有着较为全面的检测结果,而且超声缺陷检测方式也不会对金属外部造成损坏,既有效提高了检测的效率与效果,同时也可实现金属材料缺陷检测的高效性开展。

最后,分析超声缺陷检测数据。

超声缺陷检测技术在金属材料检测当中的应用,最重要的一环在于对超声波检测所搜集数据的综合性分析,例如图 1 为

金属材料超声缺陷检测关键技术实施图示:

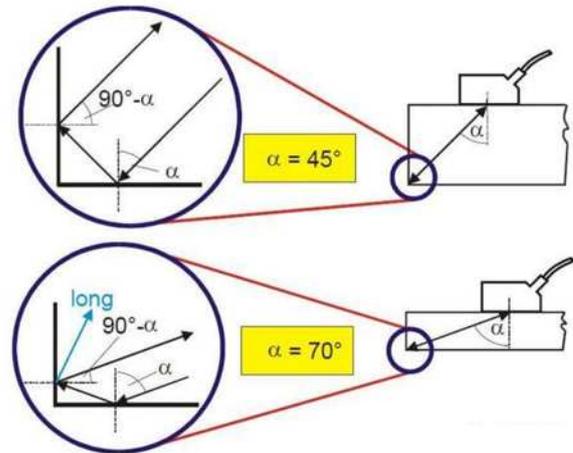


图 1 金属材料超声缺陷检测关键技术实施

对超声缺陷检测数据分析需要针对超声波探头分析技术予以多角度分析,其一,超声波分析需对声波检测进行初步声波检测数据的检测,其二,超声波检测需要针对金属材料的厚度和超声波输入角度予以综合考量,按照声波传导基本结构进行声波控制的综合性分析,以逐步实现超声缺陷检测声波控制结构的细致性分配,充分发挥出金属材料超声检测缺陷检测关键技术的功能作用。

5 结语:

金属材料是现代工业生产当中所应用主要材料之一,随着现代科技的进步,对于金属材料的应用越来越多,范围也越来越广,然而受到技术水平限制,很多金属材料在实际生产和应用过程中往往容易出现多种缺陷,包括白点、夹杂、裂纹等等。利用超声缺陷检测关键技术能够实现对多种不同金属材料缺陷的准确检测,通过对金属材料缺陷检测的综合性分析,可实现资源的合理化利用。

参考文献:

- [1] 赵焯菊.噪声背景下金属材料小缺陷超声检测关键技术分析[J].造纸装备及材料,2020,49(3):57-58.
- [2] 马俊.超声无损检测技术在金属材料焊接缺陷检测中的应用[J].中国金属通报,2019,2(3):195-196.
- [3] 李海洋,李巧霞,王召巴,等.金属材料表面缺陷的激光超声检测技术[J].火力与指挥控制,2019,44(8):61-64.
- [4] 娄振洋.金属材料超声无损检测技术应用研究[J].世界有色金属,2019(17):172,174.
- [5] 吕培帅.超声无损检测技术在金属材料焊接的应用研究[J].百科论坛电子杂志,2019,1(3):737.
- [6] 刘明星.电站金属材料超声相控阵检测缺陷长度定量研究[J].热加工工艺,2020,49(11):147-149,152.
- [7] 王力.金属材料超声无损检测技术应用研究[J].南方农机,2019,50(17):113.
- [8] 娄存洋.金属材料超声无损检测技术应用研究[J].市场调查信息:综合版,2020,1(11):15.
- [9] 黄冰冰.金属材料超声无损检测技术应用研究[J].建筑工程技术与设计,2020,16(2):3259.
- [10] 苏晓勇.金属材料焊接中超声无损检测技术的有效应用探析[J].中国金属通报,2021,8(15):170-171.