



中华人民共和国国家标准

GB/T 20935.2—2009

金属材料电磁超声检验方法 第2部分：利用电磁超声换能器技术进行 超声检测的方法

Method of electromagnetic acoustic inspection for metal materials—
Part 2: Standard practice for ultrasonic testing using electromagnetic acoustic
transducer (EMAT) techniques

2009-10-30 发布

2010-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 检测方法概述 2

5 意义和用途 4

6 应用基础 5

7 装置 5

8 校准..... 11

9 检测方法..... 12

10 结果判定 14

11 试验报告 14

前 言

GB/T 20935《金属材料电磁超声检验方法》分为如下3个部分：

- 第1部分：电磁超声换能器指南；
- 第2部分：利用电磁超声换能器技术进行超声检测的方法；
- 第3部分：利用电磁超声换能器技术进行超声表面检测的方法。

本部分为GB/T 20935的第2部分。

本部分等同采用ASTM E1816-07《利用电磁超声换能器技术进行超声检测的方法》(英文版)。

本部分与ASTM E1816-07有关差异如下：

- 将规范性引用文件ASTM E1316《无损检测术语》改为GB/T 12604.1和GB/T 12604.6；
- 将规范性引用文件ASTM E1774《电磁超声换能器指南》改为GB/T 20935.1；
- 将规范性引用文件ASTM E587《超声波接触式斜探头检验方法》改为GB/T 11343；
- 将规范性引用文件SNT-TC-1A《无损检测人员资格鉴定与认证》、ANSI/ASNT CP-189《无损检测人员资格鉴定与认证标准》和MIL-STD-410《无损检测人员资格鉴定与认证》改为GB/T 9445。

为便于使用，本部分做了下列编辑性修改：

- “本方法”一词改为“本部分”；
- 将以英制单位作为标准单位改为以国际单位制作为标准单位；
- 删除原ASTM标准中的关键词；
- 删除原ASTM标准中的参考文献。

本部分由中国钢铁工业协会提出。

本部分由全国钢标准化技术委员会归口。

本部分起草单位：钢铁研究总院、冶金工业信息标准研究院。

本部分主要起草人：贾慧明、范弘、张建卫、童凯、黄颖。

金属材料电磁超声检验方法

第2部分:利用电磁超声换能器技术进行超声检测的方法

1 范围

1.1 GB/T 20935 的本部分介绍了利用电磁超声换能器进行特定超声检测的规程。本部分介绍了利用电磁超声换能器技术进行表面检测、内部检测和测厚的方法。

1.2 本部分介绍了利用电磁超声换能器产生和接收超声波的技术细节和指导,以保证可靠的、可重复的检测缺陷和测厚。本部分介绍的电磁超声换能器技术可以作为无损评价各种工件使用可靠性以及生产过程控制的依据。

1.3 本部分介绍了一种利用电磁场在材料中产生超声波的非接触检测技术,本部分介绍的波型有表面波、兰姆波、纵波和横波。

1.4 本部分介绍了一些特定的电磁超声换能器应用方法,这些应用方法适用于使用者认为采用电磁超声换能器技术优于传统压电技术的场合,而不建议将电磁超声换能器技术用于传统技术更具优势的场合(参见 GB/T 20935.1)。

1.5 本方法适用于可由电磁方法产生声波的所有材料,包括导电材料或铁磁性材料。

1.6 本部分介绍了一些经过验证的电磁超声换能器技术的特定应用方法,这不意味着这些已被应用的电磁超声换能器技术是最佳方法或所有方法。在考虑选择应用技术时,本部分仅提供了一个范围。

1.7 本部分以国际单位作为标准单位。

1.8 本部分不论述与使用有关的安全问题。使用者有责任在使用前制订有益安全和健康的规程,并确定其适用范围。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 20935 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适合于本部分。

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证(GB/T 9445—2008,ISO 9712:2005,IDT)

GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测(GB/T 12604.1—2005,ISO 5577:2000,IDT)

GB/T 12604.6 无损检测 术语 涡流检测

GB/T 20935.1 金属材料电磁超声检验方法 第1部分:电磁超声换能器指南(GB/T 20935.1—2007,ASTM E1774-96(2002),IDT)

ASTM E494 测量材料中超声波传播速度的标准实施规程

ASTM E797 超声波接触式脉冲反射法手动测厚方法

3 术语和定义

GB/T 12604.1、GB/T 12604.6 和 GB/T 20935.1 确立的术语和定义适用于本部分。

4 检测方法概述

4.1 表面检测

4.1.1 在被检测材料中产生的瑞利波或表面波,可灵敏地检测出表面的缺陷和不连续性。通过不连续性界面上的声波反射或者穿过工件表面的声波衰减,检出材料中的缺陷。可以使用脉冲反射或一发一收超声波技术。

4.1.2 图 1 是一种典型的可产生瑞利波或兰姆波的电磁超声换能器。如图所示,外磁场 B_0 平行施加于导体或铁磁性材料表面,回折线圈平行放置在材料的表面上,由射频(RF)电脉冲激励,通过感应在被检材料中产生表面电流,表面电流在磁场中受洛伦兹力作用,洛伦兹力激发的垂直于材料表面振动的应力波产生表面波。电磁超声换能器一般产生双向表面波,但通过特殊设计也可产生与传统超声检测相同的单向波。

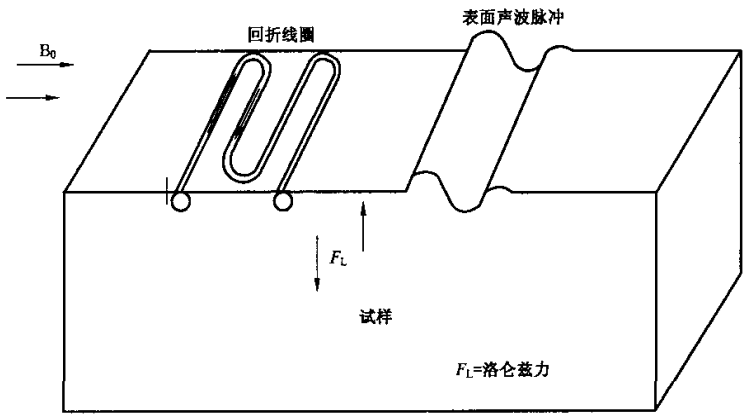


图 1 产生瑞利波或兰姆波的典型电磁超声换能器

4.1.3 表面缺陷或不连续性可导致表面波的反射或衰减。在电磁超声换能器的接收线圈附近,反射或衰减的超声波使置于磁场中的导体产生振动,从而在线圈中感应出可测量的电压。

4.2 内部检测

4.2.1 为了能够发现工件内的缺陷或不连续性,应使用超声波对材料的内部进行检测。与表面检测原理相同,也是通过不连续性界面上声波的反射或衰减来检测缺陷。

4.2.2 根据特定应用可选择纵波或横波进行检测。虽然直声束脉冲反射法是最直观方法,但考虑预期缺陷的位置和取向等因素选择斜声束一发一收技术可能更为理想。

4.2.3 图 2 是一种典型的激发体波的电磁超声换能器装置。如图所示,外磁场 B_0 垂直施加于导体或铁磁性材料表面,本装置中使用的是电磁超声换能器螺旋线圈,线圈平行置于材料表面并由脉冲电流激励,通过感应在材料中产生表面电流,电流在磁场中受洛伦兹力的作用,在材料表面形成振动的应力波。根据磁场的设计特征,可激发出垂直于工件表面传播的径向偏振或平面偏振横波,图 2 装置产生的是径向偏振的横波。在非铁磁性材料中,可产生能有效使用的纵波。在铁磁性材料中,由于耦合效率非常低纵波很难产生,但可使用由其他波型转化的纵波。7.2 将详细介绍产生各种体波模式的电磁超声换能器和磁化装置。

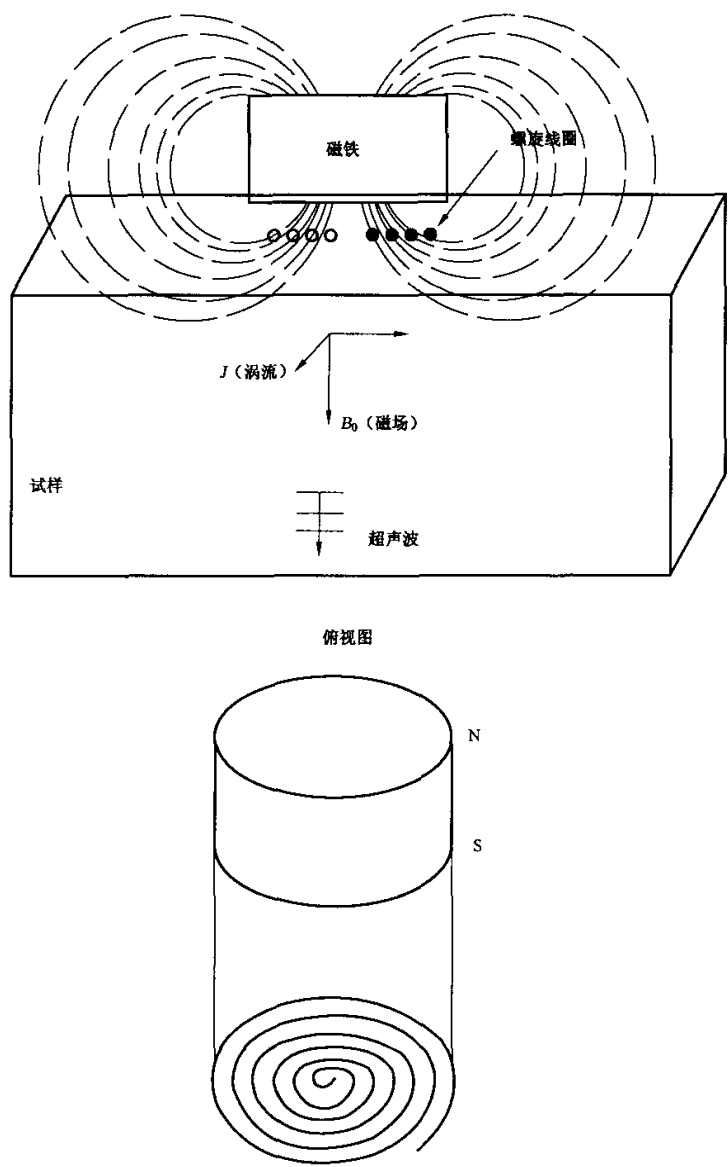


图 2 产生体波的典型电磁超声换能器

4.3 测厚

4.3.1 超声波测厚是在超声波传入材料后,声波在材料底面反射回材料表面,在超声波速度已知的前提下,通过测量超声波传播的时间来计算被检材料的厚度。对于特定的材料,可由在标准试块中的声波传播时间与材料厚度的函数关系计算出厚度,见 ASTM E797 和 7.3.1。

4.3.2 材料中的超声波传播速度取决于该材料物理特性,即材料的硬度和密度,对于同类的材料一般认为其物理特性是一常数。速度近似值可以从很多资料中查到,也可根据试验来确定,见

ASTM E494。

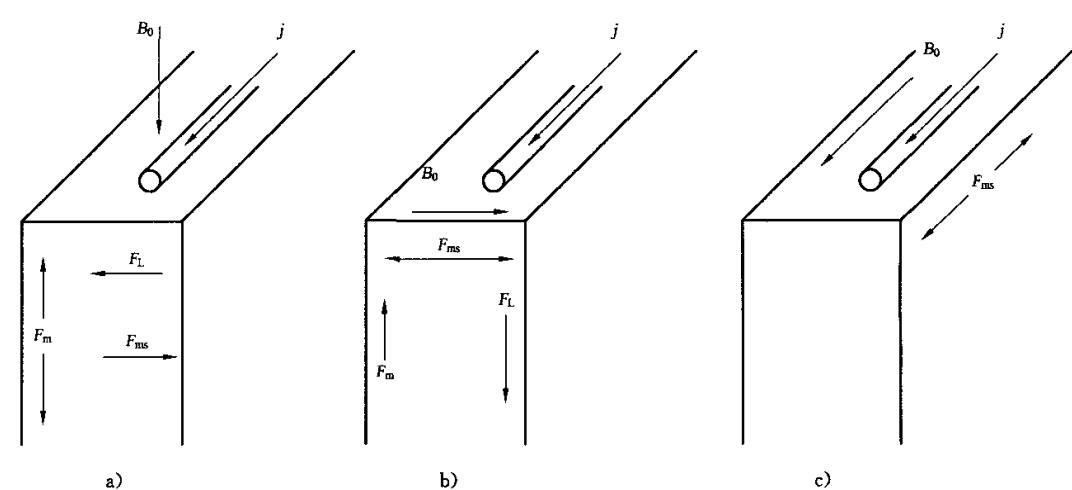
4.3.3 应采用体波来测定声波在材料中的传播时间。虽然可以应用纵波来测定,但一般应采用横波,这是因为横波在材料中的传播速度较慢,对于较薄材料的测量更精确。虽然直声束脉冲回波法是最简单和最常用的方法,但在检测较薄的材料时,如果要求扫描速度较快或分辨率较高时,一般应采用斜声束一发一收技术。用电磁超声换能器技术产生体波的方法在 4.2.3 和图 2 中进行了讨论和描述。

5 意义和用途

5.1 由于电磁超声换能器为非接触检测技术,所以它可应用于自动高速检测、运动物体的检测、远距离或危险环境下的检测、高温状态下的检测及粗糙表面状态下的检测。本部分介绍了使用电磁超声换能器技术进行超声波检测的方法,包括表面检测、内部检测和测厚。

5.2 在超声波发射和接收的技术上,电磁超声换能器具有独特性。因此,传统的超声波技术和方法通常也适用于电磁超声检测技术。

5.3 由于电磁超声换能器通过电磁方法在材料中产生和接收声波,所以能够检测导体或铁磁性材料。线圈是电磁超声换能器产生超声波的最简单形式,将其通以交变激励电流,并置于在材料表面附近的均匀的磁场中,在导体中交变电流感应出涡流。在磁场中,感应出的涡流受到洛仑兹力的作用,这种力通过金属晶格的碰撞或其他微观的过程传递给被检材料。这种力的方向随激励电流的频率交替变化,产生超声波。在铁磁性材料中,同时将伴随着另外一种耦合机制激发超声波,通过磁滞伸缩效应,交变电流产生的动态磁场与材料磁化场的相互作用形成另一种波源。上述这些转换机制是可逆的,因此能够实现检测。图 3 给出了激发电磁超声的转换机理、力及方向。



- j ——单个导体中的电流;
- B_0 ——外磁感应强度;
- F_m ——磁力(铁磁性材料);
- F_{ms} ——磁致伸缩力(铁磁性材料);
- F_L ——洛仑兹力(导体材料)。

图 3 电磁超声产生机理

5.4 电磁超声换能器可激发出各种模式的超声波,与传统的超声波技术相同,声束角度和声波模式的选择是由材质、预计不连续性位置及其取向决定的。在使用电磁超声换能器时,要正确选择声波模式,需要知道被检工件的几何形状和预计不连续性的大致位置、尺寸、取向及反射率,还应知道电磁超声换能器允许的提离范围及超声波传播的物理规律。

5.5 对于一些需要灵活选择声波模式的应用场合,电磁超声换能器技术与传统的压电超声技术相比具有明显的优势。电磁超声换能器可高效地产生表面波,且与传统压电超声探头相比更容易产生水平偏振的横波(SH波),由于SH波在界面上不会发生波型转换这一点很重要,可以通过调节发射信号频率使人射角在 $0^{\circ}\sim 90^{\circ}$ 之间变化。电磁超声换能器也可用来激励兰姆波,能对管材进行周向检测或对薄板进行整体检测。电磁超声换能器可以很方便的重复制作,互换性较好,因此传感器的信号响应具有很好的重复性。

6 应用基础

6.1 人员资格

检测人员应具有国家认可的人员资格,符合 GB/T 9445 或其他标准要求。使用的标准、条例及其使用版本应在各方之间的协议中说明。

6.2 方法和技术

本部分介绍了所要使用的一般方法和技术。其他特定技术应在双方协议中加以说明。

6.3 报告内容、验收标准

除特殊说明,检测结果报告应与第 11 章要求的一致。验收标准应符合相关标准的规定或在双方协议中予以规定。

6.4 修复、返工后的复检条款

本部分不包含修复、返工后的复检条款,若需要,可在双方协议中加以说明。

7 装置

7.1 表面检测

7.1.1 母材检测

7.1.1.1 电磁超声换能器线圈的设计

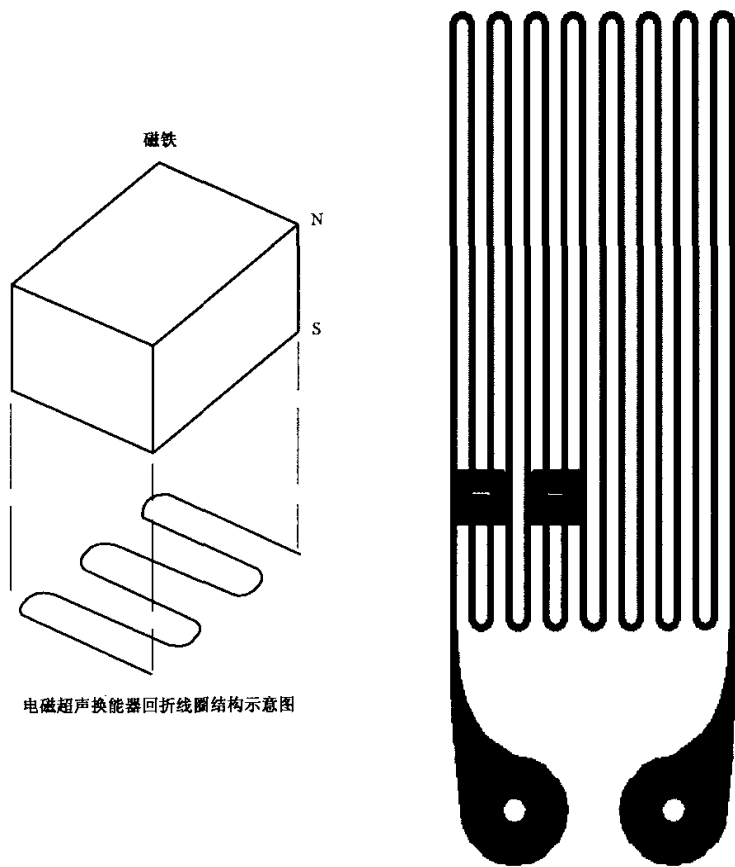
图 4 所示的是一种典型的产生瑞利波的回折线圈。工作方式可以是脉冲反射式或一发一收式。

7.1.1.2 线圈的激励

需要采用专用的大功率射频发射电路以周期脉冲串形式激励线圈。

7.1.1.3 磁化

图 5 所示的是一种典型的为回折线圈提供外部磁场的电磁结构。如图所示设计能产生一个平行于检测面的脉冲磁场,磁脉冲发生器和电源提供电流脉冲激励脉冲磁铁,该磁场也可以由永久磁铁或有源直流电磁铁来提供。



电磁超声换能器回折线圈结构示意图

典型的电磁超声换能器回折线圈

图 4 产生瑞利波的典型电磁超声换能器回折线圈

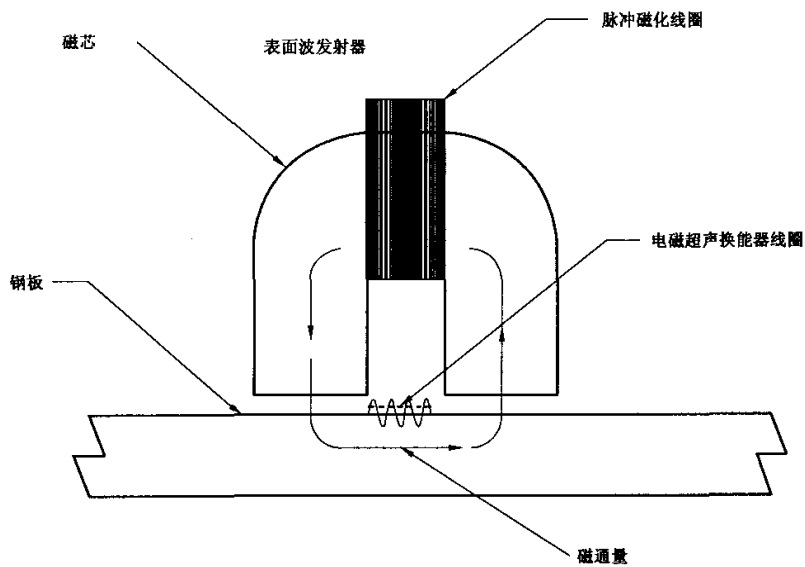


图 5 产生表面波的典型电磁结构

7.1.1.4 仪器

典型的仪器装置特点是能采集检测数据,并能对电磁超声换能器的检测信号进行分析。接收单元由信号处理和数据采集电路组成,可对电磁超声换能器信号进行增益调节和滤波,传统的超声仪器也有此功能。操作者可用多种方式采集、分析电磁超声换能器信号。计算机配上 A/D 转换板及相应的超声探伤软件即可组成一套有效配置。还可以采用与传统超声仪器类似的简单配置,将模拟信号输出至示波器提供所需结果。另外,为了给信号采集提供准确的触发,需要脉冲发生器/接收器的同步电路。

7.1.1.5 对比试样

用于校准系统的对比试样应与被检材料具有相同的材质、厚度、表面状态及热处理过程。除了调整灵敏度所需的参照反射体外,对比试样不应存在不连续性或其他异常状态。标准反射体的长度、宽度和深度应与验收标准相一致。

7.1.2 焊缝检测

7.1.2.1 电磁超声换能器线圈的设计

多数情况下,在检测母材时所用电磁超声换能器线圈/磁铁设计(7.1.1)可以有效地应用于焊缝的检测中。然而在某些应用中,焊缝表面不连续性的检测有一定难度,由于焊缝的根部和余高可以产生反射,该反射有时太强以致与不连续性信号相混淆,甚至淹没了不连续性信号。通过使用衍射技术,可以消除焊缝几何形状反射的信号,也就可以很清楚地显现出不连续性。图 6 所示的是一种特殊设计的焦线重合的一发一收的电磁超声换能器探头,在扫查时与焊缝中心线成一定角度,选择适当频率使瑞利波波长与被检测工件近表面的不连续性尺寸相当,表面的不连续性可通过宽角度的衍射检出,而焊缝根部和余高信号以镜面反射体形式反射,不被线圈接收。

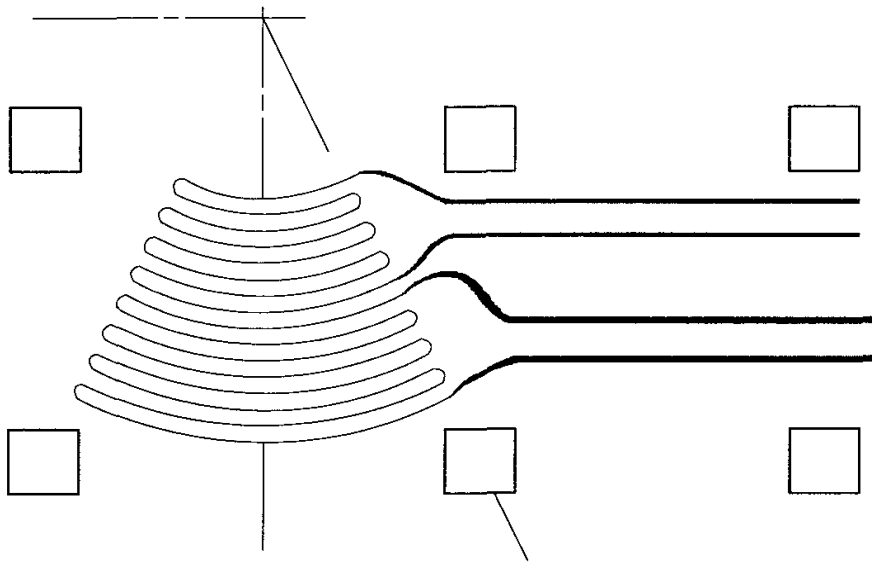


图 6 产生表面波的焦线重合的电磁超声换能器线圈

7.1.2.2 线圈的激励

同 7.1.1.2。

7.1.2.3 磁化

图 5 所示的是一种适用于 7.1.2.1 线圈的典型磁化结构,为其提供外部磁场,这种装置可以提供平行于检测面的磁场。同时,永久性磁铁或直流电磁铁也可以用来提供所需磁场。

7.1.2.4 仪器

应符合 7.1.1.4 规定。

7.1.2.5 对比试样

(1)用于系统校准的对比试样应是具有一定长度的焊接件,它应与被检材料具有相同的材质、焊接

磁性能、厚度、表面状态及热处理过程。除了调整灵敏度所需的标准反射体外,对比试样不应存在不连续性或其他异常状态,要确保标准反射体在焊缝区域内与规定的灵敏度相同,标准反射体通常制作成槽或平底孔。

(2)标准反射体可制作在焊缝处、母材的焊缝热影响区或平行于焊缝的母材中,这些应在焊接件验收协议中加以规定。

(3)槽的取向及长、深、宽的尺寸可参照相关标准或由使用方或双方协议决定,也可与焊接件的验收协议相一致。

(4)槽深度应测定表面到槽的最深处和最浅处的值。测量方法可采用光学、复形、机械或其他技术。槽伤深度通常定义为公称厚度的百分比。

7.2 内部检测

7.2.1 母材检测

7.2.1.1 电磁超声换能器线圈的设计

内部检测就是应用体波对试样的内部进行检测。图7所示的是能产生体波的各种电磁超声换能器线圈及磁铁形式。与传统超声波检测相同,工作方式既可以是脉冲反射式也可以是一发一收式。线圈由一个射频脉冲来激励,如图可根据所使用的波形,选择磁场平行于或垂直于试样表面。

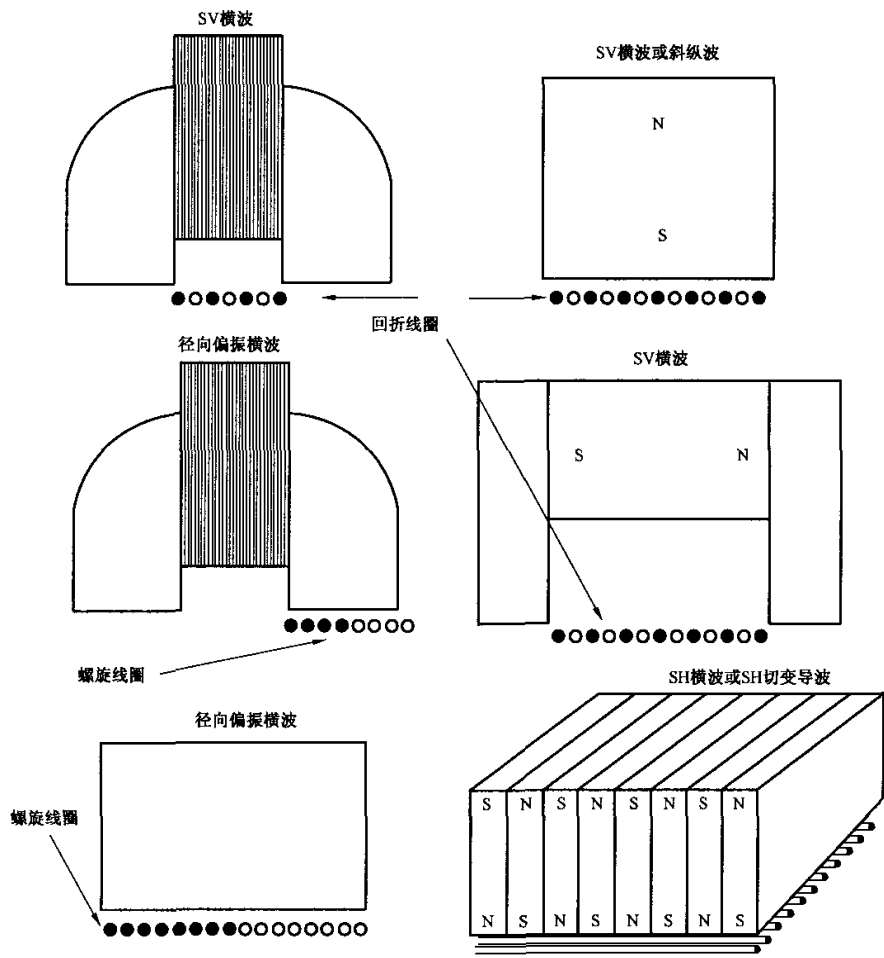


图7 用于产生体波的典型电磁超声换能器线圈/磁铁形式

7.2.1.2 线圈的激励

需用一个专门的大功率射频发生器来激励线圈。对于回折线圈,激励信号是若干周期脉冲串,对于螺旋线圈,激励信号是大功率尖脉冲或短时脉冲串。

7.2.1.3 仪器

应符合 7.1.1.4 规定。

7.2.1.4 对比试样

同 7.1.1.5。

7.2.2 焊缝检测

7.2.2.1 电磁超声换能器线圈的设计

用于焊缝内部检测的电磁超声换能器线圈与母材内部检测的线圈基本相同。图 7 所示的电磁超声换能器线圈/磁铁也适用于焊缝内部检测,其工作方式可选择脉冲反射式或一发一收式,线圈由射频脉冲激励,根据所选择的波形,磁化方向平行或垂直于试样表面。

7.2.2.2 线圈的激励

同 7.1.1.2。

7.2.2.3 仪器

同 7.1.1.4。

7.2.2.4 对比试样

(1)用于系统校准的对比试样应是具有一定长度的焊接件,它应与被检材料具有相同的材质、焊接磁性能、厚度、表面状态及热处理过程。除了调整灵敏度所需的标准反射体外,对比试样不应存在不连续性或其他异常状态,要确保标准反射体在焊缝区域内与规定的灵敏度相同,标准反射体通常制作成槽或平底孔。

(2)标准反射体可制作在焊缝处、母材的焊缝热影响区或与平行于焊缝的母材中,这些应在焊接件验收协议中加以规定。

(3)槽的长、深、宽的尺寸和平底孔的直径和深度,可参照相关标准或由使用方或双方协议决定,也可与焊接件的验收协议相同。

(4)槽深度应测定表面到槽的最深处和最浅处的值。测量方法可采用光学、复形、机械或其他技术。槽的深度通常定义为公称厚度的百分比。

7.3 测厚

7.3.1 薄试样

下面的电磁超声换能器方法适合于测量厚度在 2.54 mm~12.7 mm 的试件,并适合于底面相对粗糙的试件。

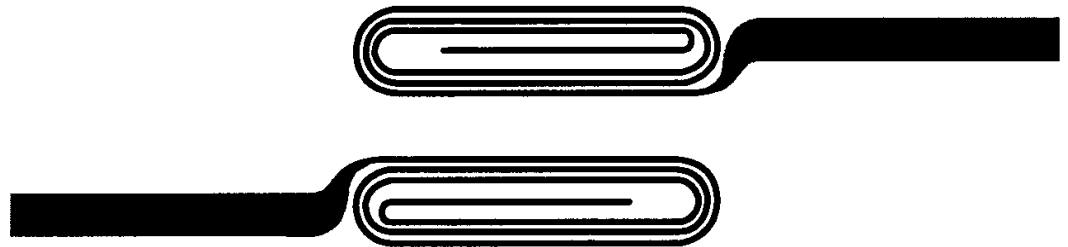


图 8 薄试样测厚用的收/发式电磁超声换能器线圈形状

7.3.1.1 电磁超声换能器线圈的设计

图 8 所示的是一种有效检测薄试件厚度的电磁超声换能器线圈,此设计为一发一收一体结构,其将横波导入试件内,接收底面反射回来的纵波,线圈由一个大电流的尖脉冲激励。这种设计与典型的脉冲反射法相比有很多优点,斜反射和波型转换的纵波产生的延迟减少或消除了一次反射波主脉冲过大所带来的一系列问题,同时还允许使用低频分析(约 1MHz),这对于底面不规则性不太敏感。在被检样品的(如蒸汽或输送管道)底面不规则时,使用一次回波能得到准确的结果。

7.3.1.2 线圈的激励

需用一个专门的大功率射频发射器激励线圈,该激励为尖脉冲或短时脉冲串。

7.3.1.3 磁化

图 5 所示的是一个脉冲电磁铁,它用于为 7.3.1.1 所述的线圈提供磁场。该脉冲电磁铁在被检工件表面激励出切线方向的磁场,脉冲冲击发生器和电源提供电流脉冲激励脉冲电磁铁,该磁场也可以由永久磁铁或有源直流电磁铁来提供。

7.3.1.4 仪器

测厚检测仪器,包括接收单元(由信号处理和数据采集电路组成)、计算机(PC)、波形模数转换电路板和同步发生电路。接收单元可对电磁超声换能器信号进行增益调节和滤波,计算机配上 A/D 转换板来接收电磁超声换能器信号,超声检测软件能测量电磁超声换能器信号到达的时间和振幅,同时显示 A 扫描和厚度数据。传统的超声波测厚仪经过适当改装,也可以得到精确的测量结果。

7.3.1.5 对比试样

用于系统校准的对比试样应已知厚度,且与被检材料具有相同的材质、表面精度及处理工艺。试样不应存在不连续性或其他异常状态。

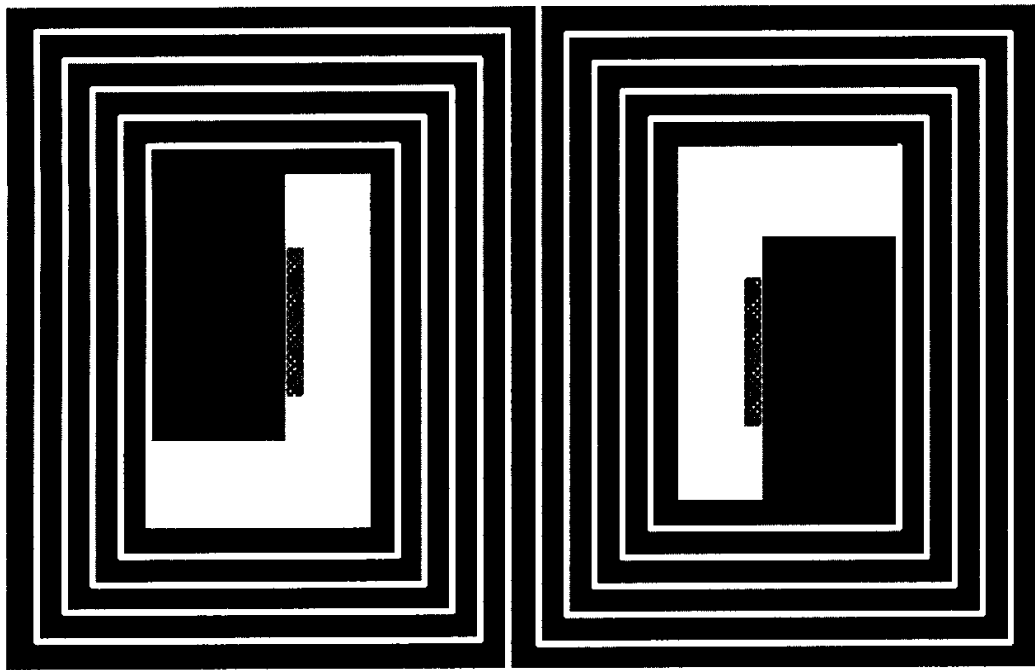


图 9 厚试样测厚的典型电磁超声换能器扁平线圈

7.3.2 厚试样

7.3.2.1 电磁超声换能器线圈的设计

测量厚度大约为 6.35 mm 的试样时,通常采用如图 9 所示的扁平线圈,采用脉冲反射法,在试样中

产生横波,并且监测试样的底面反射。线圈由一个大电流的尖脉冲来激励。

7.3.2.2 线圈的激励

同 7.3.1.2。

7.3.2.3 磁化

图 10 所示的是一种为 7.3.2.1 中所述的线圈提供磁场的磁化装置,它产生垂直于被检试样表面的磁场。

7.3.2.4 仪器

应符合 7.3.1.4。

7.3.2.5 对比试样

同 7.3.1.5。

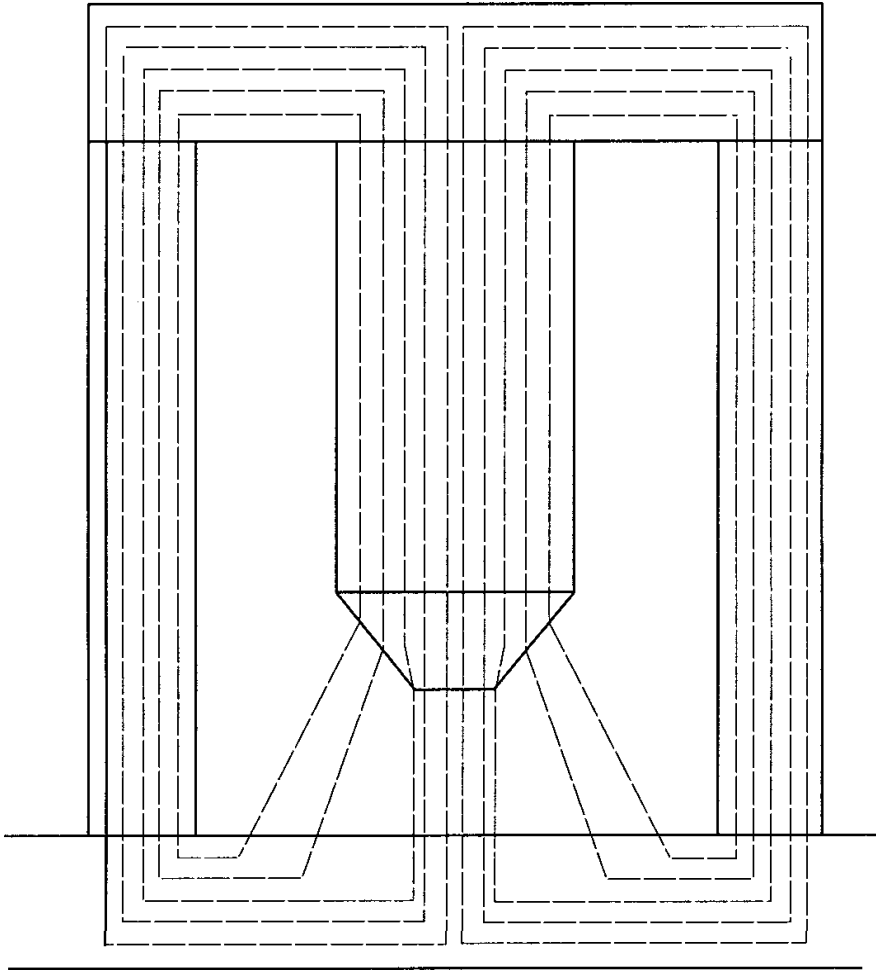


图 10 对图 9 中所用的电磁超声换能器扁平线圈的永久磁铁的设计

8 校准

8.1 由于电磁超声换能器与传统的压电检测装置不同,它不是通用的商业产品,因此,设计者应保证电磁超声换能器使用前的灵敏度和频率特性。为此有必要专门为电磁超声换能器系统制作对比试样。

- 8.2 在检测前,推荐使用标准要求的或协议中规定的试样校准电磁超声换能器系统。
- 8.3 对比试样应与被检材料有类似的超声特性,对于特殊的应用,要按第7章要求进行选择。
- 8.4 与传统超声应用相同,如果对比试样上的标准反射体信号幅度与检测试样不同,应进行衰减补偿。
- 8.5 当系统或操作者变化时,应使用对比试样重新核验校准。
- 8.6 检测过程中,每运行4 h就要对系统进行校准或按协议规定校准系统,以保证电磁超声换能器系统的准确性。不论何时,只要信号与对比试样开始时相差10%或更多,就应对系统进行调整。
- 8.7 当电磁超声换能器工作在扫查方式时,应对扫查速度与信号采集是否匹配进行验证,以保证达到协议规定的检测分辨率。
- 8.8 除特别规定,电磁超声换能器系统一般提供A扫描显示方式,至少应显示出始脉冲和一次底面回波信号,操作者可根据需要选择反射波的数量。
- 8.9 特殊的应用应进行特殊的校准,缺陷检测和测厚的一般校准步骤见8.10和8.11。

8.10 测厚

8.10.1 对比试样的选择

对比试样至少应包括两个厚度值,一个厚度值应在实际被检工件最小厚度值的10%范围之内,另一个则应该在最大厚度值的10%范围之内,推荐选择一个厚度值在最大值与最小值之间的对比试样。电磁超声换能器放置在所选择的对比试样上,调整检测仪器参数直到显示出正确的厚度值。

8.10.2 电磁超声换能器检测和传统的超声波检测的主要不同在耦合方式上,因而,也可以使用传统的超声波测厚方法标准(ASTM E797)。

8.10.3 底面回波幅度

应可监控底面回波的幅度,确保对于精确的厚度测量有足够的信号强度,同时确保电磁耦合的稳定性。

8.10.4 底面回波闸门

应在检测前确认底面回波的闸门设定,检测中应定期确认闸门位置和宽度是否合适,以此保证检测的准确性。

8.11 缺陷检测

8.11.1 对比试样的选择

在协议中应规定对比试样上标准反射体的尺寸、取向和类型。调整装置时应有清晰的显示以确保检测灵敏度。

8.11.2 由于电磁超声换能器检测和传统的超声波检测的主要不同在耦合方式上,因此也可使用传统的超声波检测方法标准。如果要对反射体进行精确定位,在使用纵波、横波、表面波或兰姆波检测时校准按相关标准的规定进行。

9 检测方法

9.1 表面检测

9.1.1 本部分介绍的是利用电磁超声换能器技术检测材料表面不连续性的方法,这些方法是经过验证的,但并非唯一可用的方法。

9.1.2 被检材料表面应无氧化皮、污物、毛刺、夹渣和溅物,且表面不应有干扰检测结果或损害电磁超声换能器探头的状态。

9.1.3 在检测母材或焊缝的表面时,操作者应把电磁超声换能器探头置于被检材料上。如果用脉冲磁铁来产生磁场,磁脉冲发生器发射出电流脉冲,经过一小段时间磁场就达到可接受的强度,脉冲磁化电路给同步电路一个触发信号,同步电路触发电磁超声换能器线圈的脉冲发生器产生脉冲串,激励电磁超声换能器发射线圈,在外磁场中激发出超声表面波。此磁场也可由永久磁铁和直流电磁铁提供。

9.1.4 瑞利波在被检工件的表面传播时,被表面不连续性阻挡而反射,电磁超声换能器接收线圈将检

测到该反射波,在脉冲反射式中发射线圈和接收线圈共用一个线圈,而在一发一收方式中发射线圈和接收线圈是分离的两个线圈。但在表面检测中,表面波衰减技术也可以使用。

9.1.5 电磁超声换能器接收线圈得到的电压信号由低噪声前置放大器放大后,在信号处理系统的接收单元做进一步放大和滤波,最后将波形送至数字转换电路,不连续性以反射体的数字信号形式显示出来。在扫描模式下以相同的时间间隔重复上述过程,不连续性通过监视反射信号的幅度和传播时间来检出。

9.1.6 用对比试样对设备的检测灵敏度进行定期校准,在每次检验前和检验后都应进行校准。在设备连续工作中,至少每隔 4 h 重新校准一次,只要信号与最初对比试样校准时信号幅度相差 10% 或更多,就应对系统进行调整。

9.2 内部检测

9.2.1 本部分介绍的是利用电磁超声换能器体波检测材料内部不连续性的方法,这些方法是经过验证的,但并非唯一可用的方法。

9.2.2 被检材料表面应无氧化皮、污物、毛刺、夹渣和溅物,且表面不应有干扰检测结果或损害电磁超声换能器探头的状态。

9.2.3 为检测焊缝或母材内部的缺陷,操作者应把电磁超声换能器探头置于被检材料上。给同步电路一个触发信号,同步电路触发电磁超声换能器线圈的脉冲发生器产生脉冲串,激励电磁超声换能器发射线圈,在外磁场中激发出超声横波。

9.2.4 横波在被检工件的内部传播时,被内部不连续性阻挡而反射,电磁超声换能器接收线圈将检测到该反射波,在脉冲反射式中发射线圈和接收线圈共用一个线圈,而在一发一收方式中发射线圈和接收线圈是分离的两个线圈。

9.2.5 电磁超声换能器接收线圈得到的电压信号由低噪声前置放大器放大后,在信号处理系统的接收单元做进一步放大和滤波,最后将波形送至数字转换电路,不连续性以反射体的数字信号形式显示出来。在扫描模式下以相同的时间间隔重复上述过程,不连续性通过监视反射信号的幅度和传播时间来检出。

9.2.6 用对比试样对设备的检测灵敏度进行定期校准,在每次检验前和检验后都应进行校准。在设备连续工作中,至少每隔 4 h 重新校准一次,只要信号与最初对比试样校准时信号幅度相差 10% 或更多,就应对系统进行调整。

9.3 测厚

9.3.1 薄试样

9.3.1.1 下面介绍的是一种用于检测厚度在 2.54 mm~12.7 mm 的薄试件的电磁超声换能器测厚方法,这些方法是在管道快速扫查上经过验证的,但并非唯一可用的方法。

9.3.1.2 被检材料表面应无氧化皮、污物、毛刺、飞边、夹渣和溅物,且表面不应有干扰检测结果或损坏电磁超声换能器探头的状态。

9.3.1.3 在进行测厚检测时,操作者应把电磁超声换能器探头置于被检材料上。如果用脉冲磁铁来产生磁场,脉冲发生器发射出电流脉冲,经过一小段时间磁场就达到可接受的强度,脉冲磁化电路给同步电路一个触发信号,同步电路触发电磁超声换能器线圈的脉冲发生器,一个大电流尖脉冲激励电磁超声换能器发射线圈,在外磁场中激发出超声横波。

9.3.1.4 横波在底面反射时发生了波型转换,会产生纵波,该纵波被电磁超声换能器接收线圈接收。

9.3.1.5 电磁超声换能器线圈接收到的电压信号由低噪声前置放大器放大后,在信号处理系统的接收单元做进一步放大和滤波,最后将波形送至数字转换电路,根据数字信号的传播时间和振幅,利用软件计算出厚度,在扫描模式下以相同的时间间隔重复上述过程即可。

9.3.1.6 用对比试样对设备的检测灵敏度进行定期校准,在每次检验前和检验后都应进行校准。在设备连续工作中,至少每隔 4 h 重新校准一次,只要信号与最初对比试样校准时信号幅度相差 10% 或更

多,就应对系统进行调整。

9.3.2 厚试样

9.3.2.1 本部分介绍的是一种用于检测厚度在 6.35 mm 以上的试件的电磁超声换能器测厚方法。这些方法是在管道快速扫查上经过验证的,但并非唯一可用的方法。

9.3.2.2 被检材料表面应无氧化皮、污物、毛刺、飞边、夹渣和溅物,且表面不应有干扰检测结果或损坏电磁超声换能器探头的状态。

9.3.2.3 在进行测厚检测时,操作者应把电磁超声换能器探头置于被检材料上。如果用脉冲电磁铁来产生磁场,磁脉冲发生器发射出电流脉冲,经过一小段时间磁场就达到可接受的强度,脉冲磁化电路给同步电路一个触发信号,同步电路触发电磁超声换能器线圈的脉冲发生器,一个大电流尖脉冲激励电磁超声换能器发射线圈,在外磁场中激发出超声横波。

9.3.2.4 横波被工件底面反射,电磁超声换能器接收线圈将检测到该反射波,在脉冲反射式中发射线圈和接收线圈共用一个线圈,而在一发一收方式中发射线圈和接收线圈是分离的两个线圈。

9.3.2.5 电磁超声换能器线圈接收到的电压信号由低噪声前置放大器放大后,在信号处理系统的接收单元做进一步放大和滤波,最后将波形送至数字转换电路,根据数字信号的传播时间和振幅,利用软件计算出厚度,在扫描模式下以相同的时间间隔重复上述过程即可。

9.3.2.6 检测对比试样,对设备的检测灵敏度进行定期校准,在每次检验前和检验后都应进行校准。在设备连续工作中,至少每隔 4 h 重新校准一次,只要信号与最初对比试样校准时信号幅度相差 10% 或更多,就应对系统进行调整。

10 结果判定

标准使用者和超声检验人员应就如何判定和记录检测结果达成一致。所有超过材料技术规范或订单要求的指示都应判定为不合格。

11 试验报告

检测时和报告中至少应记录如下信息:

- a) 检测方法:使用的仪器;对比试样的尺寸、缺陷描述和材质;电磁超声换能器的详尽描述,包括:尺寸、频率、类型;扫查方式等。
 - b) 结果:指示位置;测量厚度;检验人员和资格等级等。
-