



中华人民共和国国家标准

GB/T 26641—2011

无损检测 磁记忆检测 总则

Non-destructive testing—Magnetic memory testing—General principles

2011-06-16 发布

2012-03-01 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

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)归口。

本标准起草单位：中国特种设备检测研究院、爱德森(厦门)电子有限公司、清华大学、北京工业大学、北京航空材料研究院、北京航空航天大学、华北电力科学研究院、上海泰司检测科技有限公司、上海材料研究所。

本标准主要起草人：沈功田、胡斌、陈钢、林俊明、李路明、张亦良、高广兴、徐可北、雷银照、胡先龙、金字飞。

无损检测 磁记忆检测 总则

1 范围

本标准规定了对铁磁性金属材料、构件及焊缝进行磁记忆检测的一般原则。

奥氏体不锈钢构件和焊缝在一定条件下具有磁性,也可参考本标准进行磁记忆检测。

本标准有关具体产品、设备、材料的磁记忆检测标准或书面作业指导书的制定提供指南。除有特殊规定外,本标准的内容为最低要求。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证(ISO 9712)

GB/T 12604.6 无损检测 术语 涡流检测

GB/T 12604.10 无损检测 术语 磁记忆检测

3 术语和定义

GB/T 12604.6 和 GB/T 12604.10 界定的术语和定义适用于本文件。

4 人员资格

采用本标准进行检测的人员应按 GB/T 9445 的要求或有关主管部门的规定取得相应无损检测人员资格鉴定机构颁发或认可的涡流或电磁检测等级资格证书,从事相应资格等级规定的检测工作。

5 方法概要

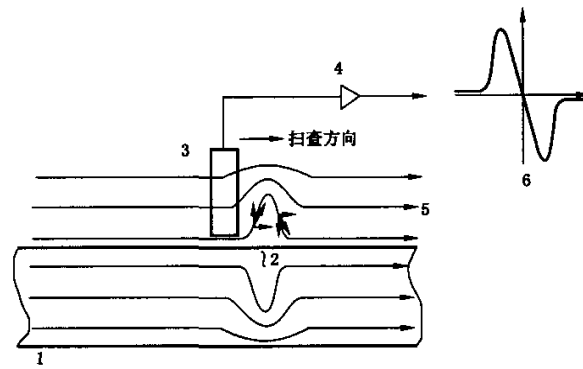
5.1 磁记忆现象

在弱磁场环境中,铁磁性金属材料在外界环境因素(如:载荷、温度、机械加工或碰撞等)作用下,在局部区域产生不可逆的残余磁性现象,表现为在该外界环境因素去除后,铁磁性材料表面的局部磁场变化仍然保留。

5.2 磁记忆检测原理

在不施加人工激励磁场的条件下,采用传感器测量被检件的表面磁场分布,通过获得磁场突变信号来发现被检件上可能存在的应力集中、材料劣化或材料损伤部位。

图 1 为磁记忆检测原理示意图。通过传感器扫描被检件表面磁场来获取磁场分量(常用法向分量,也可多维分量)的变化,经过适当的数据处理和分析,来发现被检件上存在的损伤或应力集中区域。

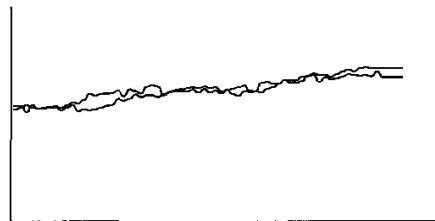


说明：

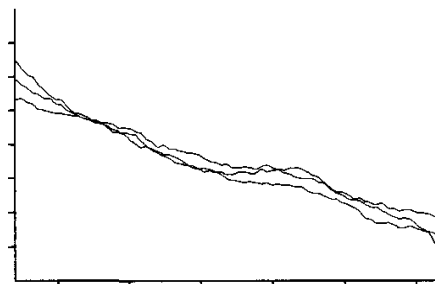
- 1——被检件；
- 2——损伤或应力集中区域；
- 3——传感器；
- 4——放大器；
- 5——表面磁场分布；
- 6——表面磁场法线分量输出的磁记忆信号。

图 1 磁记忆检测原理示意图

图 2 为常见的三种典型基于横轴位移扫描的磁记忆信号。实际构件的磁记忆信号多为图 2 所示三种典型磁记忆信号的叠加。

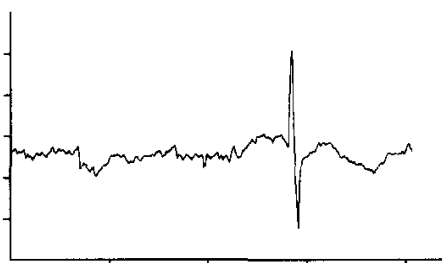


a) 环境磁场信号



b) 缓慢变化磁记忆信号

图 2 典型磁记忆信号



c) 磁记忆突变信号

图 2 (续)

5.3 特点

磁记忆检测方法的特点及优点：

- a) 对应力集中和早期损伤敏感；
- b) 检测仪器轻便,不需要专门的磁化设备；
- c) 可带涂层或非接触检测；
- d) 不需要对被检件表面进行特殊处理；
- e) 对被检件的形状没有特殊要求；
- f) 检测速度快,操作简单。

5.4 局限性

磁记忆检测的局限性：

- a) 不适用于非铁磁性材料；
- b) 难以确定材料内缺陷的性质和尺寸；
- c) 易受人工磁化影响。

6 磁记忆检测方法的应用

6.1 检测时机

检测时机选择：

- a) 制造过程检测；
- b) 在役检测；
- c) 在线检测与监测。

6.2 主要用途

磁记忆检测可用于：

- a) 应力集中区域的检测及评价；
- b) 早期损伤区域的探测；
- c) 疲劳裂纹的检测；
- d) 焊接缺陷可能存在区域的检测。

7 检测前的准备

7.1 基本信息的获取

在进行检测前,需要通过资料审查和现场实地考察获取一些基本信息,应至少包括如下内容:

- a) 检测人员的资格;
- b) 检测计划;
- c) 检测仪器设备及性能;
- d) 传感器类型及最大提离值;
- e) 仪器校准状态;
- f) 被检件的磁化历史和目前状态;
- g) 被检件的温度、腐蚀和组织的不均匀状态;
- h) 被检件的应力和残余应力大小及方向估计;
- i) 被检件的表面状态、涂层类型和厚度;
- j) 被检件的母材的材质;
- k) 被检件焊缝的位置和范围;
- l) 被检件的焊缝焊接型式、表面几何形状和填充金属的种类;
- m) 其他有助于检测信号分析的信息;
- n) 不可接受信号的处理;
- o) 验收准则;
- p) 检测记录表格和报告格式。

7.2 检测表面条件要求

被检件表面不允许有磁屏蔽材料涂层或包覆层,无磁性包覆层的最大允许厚度由试验方法及检测仪器的灵敏度确定,厚度 5 mm 以上的包覆层建议剥离。

7.3 检测仪器及书面工艺文件准备

包括下列内容:

- a) 分析被检件的技术资料和实地考察被检件;
- b) 编制书面检测工艺规程或检测工艺卡;
- c) 选择合适的传感器和检测仪;
- d) 调整和标定检测仪及传感器;
- e) 分析被检件可能存在的损伤类型及损伤和应力集中部位。

8 检测系统

8.1 检测仪器

8.1.1 检测仪器应至少具备以下功能:

- a) 能探测被检对象表面的磁通密度;
- b) 能消除外部环境磁场的影响;
- c) 能实时显示磁通密度值和随时间与空间变化的曲线;
- d) 能存储检测数据,并能传输到计算机上。

8.1.2 检测仪器性能指标应至少满足如下要求：

- a) 量程不低于 $\pm 1\,000\text{ A/m}$ ；
- b) 磁场测量的相对误差小于 $\pm 5\%$ ；
- c) 位移测量的相对误差小于 $\pm 5\%$ ；
- d) 磁场测量的分辨率不大于 1 A/m 。

8.2 传感器

传感器应至少满足如下要求：

- a) 磁测灵敏度至少为 1 A/m ，分辨率不大于 1 A/m ，噪声不大于 $\pm 5\text{ A/m}$ ；
- b) 位移分辨率不低于 1 mm ， 1 m 距离的测量误差不大于 $\pm 5\%$ ；
- c) 应有磁场强度量程标识。

8.3 检测分析软件

应有与仪器配套的计算机用分析软件，并至少有对采集到的磁记忆信号进行检测后分析、处理和结果输出的功能。

8.4 标准磁场

标准磁场用于磁记忆检测仪器的校准，标准磁场可由仪器产生，也可由永久磁铁产生，标准磁场一般在 $40\text{ A/m}\sim 2\,000\text{ A/m}$ 的范围，并且可调节。

8.5 检测仪器校准

检测仪器应至少每年进行一次校准，可自校或送校。

校准内容应至少包括仪器主机、磁场传感器和位移传感器的校验。磁场传感器应采用标准磁场进行灵敏度和精度的校准；位移传感器应采用不少于 0.5 m 的直线距离进行精度和重复性校验。

9 检测

9.1 检测系统标定

应在检测前采用参考磁场对磁记忆检测系统进行标定以确认系统工作正常。

注：参考磁场可采用地磁场或标准磁场。

对于具有位移测量功能的传感器，应进行测距精度标定。

9.2 扫查方式的选择

9.2.1 概述

扫查方式分为时基扫查、平行扫查和垂直扫查。

9.2.2 时基扫查

时基扫查一般指探头和被检件固定，以时间为坐标横轴的扫查方式。时基扫查一般用于监测被检件固定部位的损伤状态随时间或载荷的发展情况。

9.2.3 平行扫查

平行扫查一般指探头垂直于焊缝表面，沿焊缝长度方向为扫查方向，以位移为坐标横轴的扫查方

式,见图 3。

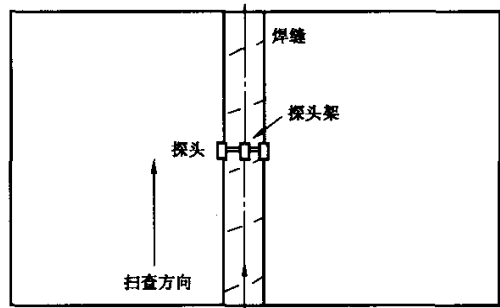


图 3 平行扫查方式

平行扫查指一般用于快速、初始的扫查方式,用于损伤部位或应力集中区域的快速探测。检测前,应根据被检件特征(譬如被检工件表面状态、材质、易损伤部位、焊缝宽度和焊接形式),设置探头提高值、探头间距(多探头适用)、检测区域。

9.2.4 垂直扫查

垂直扫查一般指探头垂直于焊缝表面,垂直于焊缝长度方向为扫查方向,以位移为坐标横轴的扫查方式,见图 4。

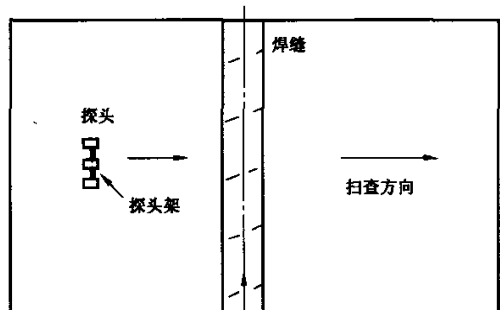


图 4 垂直扫查方式

垂直扫查一般用于特定焊缝区域的检测、怀疑损伤部位的精确定位和评价焊接接头的焊接残余应力分布。检测前,应根据被检焊缝的尺寸、热影响区域宽度以及怀疑损伤部位的位置,设置检测区域、探头间距(多探头适用)、探头提高值。

9.3 扫查速度

检测扫查速度不应大于 0.5 m/s。

9.4 检测应用

9.4.1 被检件母材的检测:

- a) 确定被检件表面状态,设置探头和扫查覆盖区域;
- b) 将传感器垂直置于被检件的表面;
- c) 确定扫查方向,通过多次扫查,100%覆盖被检区域;相邻的两次扫查应保证传感器覆盖区域有

10%的重叠；

- d) 在被检件表面连续或断点扫描检测和记录表面磁场的法向分量和/或切向分量；
- e) 在被检件表面上确定存在磁记忆信号的异常部位和磁场的零值线位置，并进行标识；
- f) 必要时，对上述部位进行垂直方向的扫查检测。

9.4.2 焊缝的检测：

- a) 将传感器垂直置于焊缝被检区域的表面；
- b) 分别沿焊缝中心线和焊缝两侧的热影响区进行水平扫查(若单次扫查传感器不能100%覆盖被检测区域，应进行多次扫查)检测，并记录表面磁场的法向分量和/或切向分量；
- c) 偏离焊缝中心线一定距离对焊缝进行垂直扫查检测，记录表面磁场的法向分量和/或切向分量；
- d) 在焊缝上确定存在磁记忆信号的异常部位和磁场的零值线位置，并进行标识。

注1：若焊缝实际热影响区经过测量并记录，扫查起始点为实际热影响区外至少10 mm。

注2：若未知焊缝实际热影响区，扫查起始点为焊缝熔合线外至少25 mm。

9.5 检测数据的实时分析与处理

在进行检测时，应对磁场强度随扫描距离变化的图形和磁场梯度随扫描距离变化的图形进行分析。凡是有磁场强度和梯度突变的部位，即定义为磁记忆信号的异常部位，应对该部位表面进行观察，在排除表面几何形状对磁记忆信号的影响之后，应对该部位在被检件上进行标识。

10 检测结果的评价

10.1 所有发现的磁记忆信号的异常部位，都建议对其进行表面检测与内部超声检测，对于有材料裂化倾向的被检件，还建议进行金相或其他分析。

10.2 对于磁记忆信号异常部位的应力集中程度，可通过确定表面漏磁场 H_F 的梯度 K_m 来评价：

$$K_m = |\Delta H_n| / l_k$$

式中：

ΔH_n ——所选取的两测量点之间的表面磁场 H_F 的差值，单位为安每米(A/m)；

l_k ——所选取的两测量点的距离，单位为米(m)。

测量点宜选择磁场突变信号峰峰值的位置或附近。

11 检测记录与报告

11.1 检测记录

应按检测工艺规程的要求记录检测数据和有关信息，除此之外，还应至少包括检测报告中的内容。所有记录的保存应符合有关法规、标准和/或合同的要求。

11.2 检测报告

检测报告的内容应当根据检测要求编制，应至少包括以下内容：

- a) 委托单位和检测单位的名称；
- b) 检测执行标准；
- c) 被检件名称及编号；
- d) 被检件的材质和热处理状态；
- e) 被检件的磁化与受载历史及目前的状态；

- f) 被检件的表面状态描述;
 - g) 检测仪器和传感器型号及编号;
 - h) 检测条件;
 - i) 检测部位示意图;
 - j) 磁记忆信号的异常部位示意图;
 - k) 磁记忆信号异常部位的磁场 H_p 的极值及其梯度值 K_{in} ;
 - l) 采用其他无损检测方法对磁记忆信号异常部位进行的补充检测结果;
 - m) 检测结果及结论;
 - n) 检验及审核人员签名和检验日期。
-