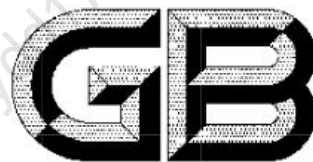


ICS 19.100  
CCS J 04



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 41119—2021

## 无损检测 微磁检测 总则

Non-destructive testing—Micromagnetic testing—General principles

2021-12-31 发布

2022-07-01 实施

国家市场监督管理总局  
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 方法概要	2
5 人员要求	2
6 通用检测工艺流程	3
7 检测设备和器材	3
8 检测	4
9 检测结果的评价	5
10 检测记录和报告	6



## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)提出并归口。

本文件起草单位：中国特种设备检测研究院、华中科技大学、爱德森(厦门)电子有限公司、中冶建筑研究总院有限公司、中国空气动力研究与发展中心、嘉兴市特种设备检验检测院、安徽华工智能科技有限公司、成都信息工程大学。

本文件主要起草人：胡斌、沈功田、武新军、张迪、王俊杰、杜雁霞、潘金平、宋韵、林俊明、胡云、万本例、李寰、王智泉、万强、张君娇、王宝轩、雷雯。

## 无损检测 微磁检测 总则

### 1 范围

本文件规定了使用微磁学原理对碳钢和合金钢材料的应力、组织结构变化及相变的检测方法。本文件适用于碳钢、合金钢以及奥氏体不锈钢的应力分布及其状态、微观结构变化和组织结构变化的检测,其他金属材料的检测参照使用。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 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
- GB/T 34357 无损检测 术语 漏磁检测

### 3 术语和定义

GB/T 12604.6、GB/T 12604.10 和 GB/T 34357 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

##### 微磁学 micromagnetics

描述和研究介观尺度下铁磁体磁化过程中磁畴(畴壁厚度和单畴粒子尺寸的范围)变化的磁学。

#### 3.2

##### 微磁检测 micromagnetic testing

通过应力、相变、组织、结构等特性的微磁学宏观表征,获取材料的应力分布及其状态、微观结构变化、组织结构变化的无损检测方法。

#### 3.3

##### 有效场 effective magnetic field

作用于磁矩的所有磁场的矢量和。

#### 3.4

##### 等效磁导率 equivalent magnetic permeability

在环境磁场或者外加磁场作用下,通过有效场方法计算出的微观结构变化、应力和组织分布不同引起的材料局部磁导率。

#### 3.5

##### 静态微磁检测 static micromagnetic testing

在外加静态磁场或环境磁场作用下,磁体内磁矩处于平衡状态的微磁检测。

#### 3.6

##### 动态微磁检测 dynamic micromagnetic testing

外加动态磁场时,磁体内磁矩在有效场作用下处于随时间变化状态的微磁检测。

## 4 方法概要

### 4.1 检测原理

由于金属材料中应力、组织结构、微观结构等的变化,在外加磁化场或环境磁场等作用下,材料的微磁学参数发生变化,产生相对应的异常电磁信号。通过对异常信号的处理和分析,可获得应力分布(大小和方向)、材料组织结构变化(类型、程度和位置)、相变(数量和分布区域)等信息,可用于材料的力学、高低温和抗腐蚀性能的评价。

根据检测时材料磁矩是否随时间变化,微磁检测分为静态微磁检测和动态微磁检测。静态微磁检测时,被检测材料磁矩分布稳定,但在空间上不一定均匀分布;动态微磁检测时,被检测材料磁矩分布在有效场作用下随时间变化。

### 4.2 优点

以下列出了微磁检测方法的主要优点:

- a) 对应力不均匀分布、微观组织不均匀和相变敏感;
- b) 评价材料的高低温及抗腐蚀性能;
- c) 实现带涂层检测;
- d) 非接触检测;
- e) 可检测异形构件。

### 4.3 局限性

以下列出了微磁检测方法的主要局限性:

- a) 易受宏观不连续的影响;
- b) 对应力、微观结构、组织结构变化的共同作用不易区分。

### 4.4 应用

微磁检测方法适用于部件与设备的制造和使用过程中的检测,静态微磁检测方法还可用于在役设备的在线检测与监测。

以下是微磁检测的典型应用:

- a) 热处理状态的评价;
- b) 奥氏体-马氏体相变;
- c) 单轴应力的测量;
- d) 应力分布不均匀区域的检测;
- e) 组织损伤的状态评价及区域检出;
- f) 亚稳态不锈钢材料腐蚀危险区域检出及其腐蚀性能的评价等。

## 5 人员要求

按本文件实施检测的人员,宜按合同各方同意的体系进行资格鉴定与认证,并由雇主或其代理对其进行岗位培训和操作授权。

## 6 通用检测工艺流程

宜按本文件的要求制定通用检测工艺流程。通用检测工艺流程至少包括以下要素：

- a) 适用范围；
- b) 引用文件编号；
- c) 检测人员资格；
- d) 检测仪器设备，如检测仪器、探头、磁化装置(如有)和检测数据采集与分析软件等；
- e) 被检件的信息，如几何形状与尺寸、材质、设计与运行参数、热处理信息(可选)和相关历史数据；
- f) 检测方法及其灵敏度确定；
- g) 检测覆盖范围及扫查区域确定；
- h) 被检件表面状态；
- i) 检测时机；
- j) 检测过程和数据分析解释；
- k) 检测结果的评定；
- l) 检测记录、报告和资料存档；
- m) 编制、审核和批准人员；
- n) 编制日期。

## 7 检测设备和器材

### 7.1 检测仪器

检测仪器应具有数据采集、数字信号调理和滤波、波形显示、分析和存储等功能，且至少满足以下要求：

- a) 测量被检对象表面的磁场/电磁场强度及其分布，磁场测量灵敏度不应低于 0.5 mV/G；
- b) 动态电磁场测量的响应时间不应大于 0.1 s；
- c) 显示检测信号；
- d) 给出被检件状态量化评价曲线；
- e) 自动存储检测结果及对应检测信号波形的原始数据。

### 7.2 探头

应给出探头的结构形式、适用材料、温度和磁场/电磁场测量的性能参数。

### 7.3 磁化装置

应根据静/动态微磁检测方法的要求，确定磁化装置采用交流磁化或直流磁化，磁化场的强度和方向应根据检测对象可调。

### 7.4 检测设备的维护和校准

应制定书面程序，对检测设备进行周期性维护，以保证设备功能；检测仪器应每年至少进行一次校准。

校准对象应至少包括仪器主机、探头和磁化装置(如有)。仪器主机应校准主机增益与带宽，探头应采用标准磁场进行灵敏度、精度和响应速度的校准，磁化装置应校准磁化场的均匀度和强度。

## 8 检测

### 8.1 检测前的准备

#### 8.1.1 资料审查

资料审查应包括以下内容：

- a) 被检件的几何形状与尺寸、材质、热处理状态(可选)、设计参数和使用环境；
- b) 被检件的磁化历史和目前状态；
- c) 被检件的温度、腐蚀和组织不均匀状态；
- d) 被检件制造文件资料,如产品合格证、质量证明文件和竣工图等；
- e) 被检件运行记录资料,如开停车情况、运行参数、工作介质、载荷变化情况和运行中出现的异常情况；
- f) 历次检验检测报告；
- g) 其他资料,如修理和改造的文件资料等。

#### 8.1.2 现场勘察

应对被检件现场进行勘察,找出可能影响检测结果的因素,如磁化历史及其区域、内部或外部磁场源、表面涂层和温度情况等。在检测时应避免这些因素的干扰。

#### 8.1.3 作业指导书或工艺卡的编制

对于每个检测工程或每套被检设备,根据使用的仪器和现场实际情况,按照通用检测工艺规程编制检测作业指导书或工艺卡,确定检测的方法、部位、磁化方式和表面条件,同时对被检件进行测绘,对检测部位进行编号,画出被检件结构示意图。检测部位应避开内部或外部磁场干扰源。

### 8.2 检测表面条件要求

被检件检测部位表面应无大面积疏松的锈蚀层、焊疤及其他金属连接结构等;被检件检测部位表面不应有磁屏蔽材料、磁性涂层或包覆层,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。

### 8.3 检测模式

可采用静态微磁检测、动态微磁检测或者组合检测模式。

### 8.4 检测记录

检测记录至少包括 10.2 规定的内容,检测记录和数据应按合同约定保存。

### 8.5 静态微磁检测

实施静态微磁检测应遵循以下步骤:

- a) 确定被检件表面状态,设置探头和扫查覆盖区域;
- b) 确定环境磁场的强度和方向,以及外加磁场(可选)形式、强度和方向;
- c) 探头置于被检件固定测量点,待磁化场处于稳定状态,磁场/电磁场变化率不大于 1%后,可开始检测;
- d) 确定扫查方向和顺序,确保 100%覆盖被检区域;

- e) 记录被检件表面完整的磁场/电磁场；
- f) 在被检件表面上确定存在不均匀区域的异常部位和信号畸变位置,并进行标识；
- g) 必要时,对上述部位进行交叉方向的扫查检测。

## 8.6 动态微磁检测

实施动态微磁检测应遵循以下步骤：

- a) 确定被检件表面状态,设置传感器和扫查覆盖区域；
- b) 确定外加磁场形式、强度、方向和施加区域；
- c) 确定磁化加载时序和强度,将探头置于被检件的表面；
- d) 确定测量位置、扫查方式,确保 100%覆盖被检区域；
- e) 记录被检件表面完整的磁场/电磁场；
- f) 在被检件表面上确定存在不均匀区域的异常部位和信号畸变位置,并进行标识；
- g) 必要时,对上述部位进行交叉方向的扫查检测。

## 8.7 检测数据的实时分析与处理

在进行检测时,应对磁场的分布、强度和时序变化进行实时分析。对于单轴应力测量应验证测量数据的可靠性和稳定性；对于非均匀性检测应标识出异常区域。

## 9 检测结果的评价

### 9.1 应力测量及其分布的评价

单轴应力测量的结果应先确定环境磁场方向、预期应力方向及测量环境等影响因素及测量磁场/电磁场参数的有效性,按照检测方法进行应力等效磁场的换算,给出单轴应力的测量结果。

对于应力分布的评价,应根据测量的磁场参数进行应力大小、方向和性质的换算,给出应力分布云图,根据应力分布云图确定应力分布不均匀区域或应力分布曲线、应力最大/小值和应力分布不均匀度。

### 9.2 组织结构不均匀的评价

组织结构的评价,应根据测量的磁场参数等效磁导率作为评价最终参数,并与常规材料的相对磁导率进行比对确定组织的类型及状态。

组织结构不均匀的评价,应根据测量的磁场参数及其变化规律给出组织变化的比例及变化的趋势,还应根据测量的磁场参数进行等效磁导率的换算获取组织不均匀状态。

### 9.3 相变状态的评价

对于相变的检测,应给出相变的量化比例和区域,如同时存在应力,应根据应力和相变的比例给出材料性能状态。

相变状态的评价既要考虑应力等效磁场,还应考虑等效磁导率对测量到的磁场参数的作用,以确定相变的状态、区域和相变形成的原因。

### 9.4 检测结果的验证

对于应力分布的检测或应力值的测量,可采用 X 射线衍射法或盲孔法进行验证；

对于材料组织结构变化的检测,可采用金相检验或硬度测试等其他方式进行验证；

对于相变的检测,应采用金相检验验证。



## 10 检测记录和报告

### 10.1 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。

### 10.2 检测报告

检测报告的内容应根据检测要求制定,应至少包括以下内容:

- a) 委托单位和检测单位的名称;
  - b) 引用本文件编号;
  - 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) 检测仪器和探头型号及编号;
  - h) 检测方式及磁化方式;
  - i) 检测条件;
  - j) 检测部位示意图;
  - k) 磁场分布云图;
  - l) 信号的异常部位示意图;
  - m) 检测结果;
  - n) 检测及审核人员签名和检测日期。
-