

俄罗斯焊接科学技术学会标准

---

无损检测  
设备和结构焊接接头金属磁记忆方法  
(磁记忆方法-检测)

正式出版物

俄罗斯焊接科学技术学会

莫斯科

制定：《动力诊断技术》公司

提出：《动力诊断技术》公司

俄罗斯焊接科学技术学会第V委员会（2002年6月1日）

采用：俄罗斯焊接科学技术学会理事会

本标准系第一次实施

关键词：焊接接头，质量检测，金属磁记忆，磁场强度，残余磁性，残余应力集中区，缺陷，仪表，传感器，检测对象。

缩写词：MMM-金属磁记忆；

SCZ-应力集中区；

NDT-无损检测；

IO-检测对象；

SMLF-自有漏磁场。

本标准由俄罗斯焊接科学技术学会通过并实施。

本标准依据俄罗斯国家标准委员会规则制订，是推荐性文件，各企业可在自愿基础上加以执行。

本标准的现行文本实施期限为3年，之后应参照使用者意见进行修正。

不经俄罗斯焊接科学技术学会允许，本标准的全部内容或部分内容不得复制、印刷和扩散。

附注：俄罗斯焊接科学技术学会的目的是满足会员对于国内焊接生产规格化方面的要求，通过公布本标准邀请大家对其进行谈论，交换意见，做出修正，并采纳原则性的和编辑方面的批评和建议。

## 内 容

俄罗斯焊接科学技术学会标准 RWSST000-04 的说明

1. 适用范围

2. 总则

3. 对检测对象的要求

4. 对检测手段的要求

5. 检测准备

6. 检测程序

7. 检测结果的处理

附件 1 金属磁记忆方法的术语，基本概念和符号

附件 2 金属磁记忆检测结果记录格式

附件 3 使用磁场强度数字指示仪测定应力集中区的案例（略）

附件 4 利用带记录和扫描装置的仪表测定应力集中区的案例（略）

## 俄罗斯焊接学会标准 СТДНТСО000-04 的说明 《设备和结构焊接接头金属磁记忆方法（磁记忆方法-检测）》

### 1. 标准化对象简要说明

金属磁记忆检测方法 MMM 同时完成两项实际任务：

-评估焊接接头应力-变形状况并找出状况并找出残余应力集中区（SCZ）-损伤发展的主要根源；

-减少传统性检测方法（超声、X射线）的工作量并提高焊接接头无损检测的效率。

对于若干种型式的焊接接头（接触点焊、管子接触焊、丁字焊角焊，小厚度焊接接头（6毫米以下）三通式焊接接头），磁记忆方法是唯一的无损检测方法，因为传统方法（超声，X射线）不能完成这项任务。

许多部门（火电、核电、化工机械制造等）性文件中都有关于检测残余焊接应力的要求，如在热处理之前和之后。但是，由于没有实际上可行的检测方法，这项要求一般不能贯彻执行，而磁记忆方法则可以完成这项任务。

采用磁记忆方法-检测时，不需要清理焊接接头表面，可以利用焊接过程中形成的自然残余磁性。

### 2. 关于本标准草案符合国际（地区）和国家标准的说明

金属磁记忆方法是在俄罗斯开发，其开发者《动力诊断技术》公司（莫斯科市）。目前，在动力、石油化工、天然气以及其他工业部门，制订并实际应用的有征得国家技术监督局和行业研究所认可的6个指导性文件和20余个检测方法。

检测仪表具有俄罗斯国家标准委员会的认证书。

按照俄罗斯焊接科学技术学会的建议，国际焊接学会第V委员会组建了金属磁记忆方法专门工作组。

2002年6月24-27日于哥本哈根举行的第五十五届国际焊接大会，通过如下决议：《建议以利用金属磁记忆方法检测焊接接头的俄罗斯标准 СТДНТСО000-04 作为国家标准（ISO）》。

---

# 无损检测

## 设备和结构焊接接头

### 金属磁记忆方法

Nondestructive testing, Welded joints of equipment and constructions,  
Method of metal magnetic memory

---

实施日期: 2002 年 6 月 1 日

#### 1 适用范围

本标准对采用金属磁记忆方法(磁记忆方法-检测)检测工作在压力状态下设备和结构焊接接头的质量规定了总的要求。

本标准适用于工业各部门中属于和不属于俄联邦国家技术监督局监管的设备和结构,它覆盖制造和使用领域。

根据同用户的协商,本标准可用于任何种类制件、管道、容器、设备和金属结构的焊接接头。

本标准中采用的术语、基本概念和符号列于附件1中。

#### 2 总则

2.1 磁记忆方法-检测的原理是测量和分析反映组织和工艺继承性的焊接接头金属自有漏磁场(SMLF)分布状况。检测中利用在地球磁场中进行焊接过程中形成的自然磁场。

2.2 磁记忆方法-检测用于确定机械应力集中区(SCZ)并提出补充检测容器、管道、设备和结构焊接接头中危险区域的建议。

2.3 磁记忆方法-检测的选用应先于已知的无损探伤方法(超声、辐射、磁粉、毛细管、着色、硬度与厚度测量)。

2.4 磁记忆方法-检测可以检查各种铁磁和奥氏体钢与合金钢以及铸铁的任何尺寸和形状的焊接接头(对接,丁字形,角度的,搭接的,端面的,断续的),而被焊合金的厚度不受限制。

2.5 磁记忆方法-检测既可检测处在正运行中的对象,也可检测处在修理中的对象。

2.6 磁记忆方法-检测时确定:

-残余焊接应力集中区域及其沿焊接接头的分布;

-各种宏观和微观缺陷(气孔,夹渣,不致密,裂纹,断裂)可能存在区域。

按照磁参数对缺陷的分类,依据具体焊接接头的专用检测方法进行。

2.7 磁记忆方法-检测可用来检测:

-焊缝被缺陷《污染》的程度和是否存在发展着的缺陷；

焊接工艺认证、选择、优化和焊接接头质量鉴定。

2.8 磁记忆方法-检测的温度范围由 0°C 到 60°C，按操作员和仪表的正常工作条件规定。

2.9 根据磁记忆方法-检测的结果，建议在最大应力集中区和宏观与微观缺陷可能存在区域按照焊接接头的现行标准，采用传统方法与手段进行探伤。

2.10 各企业或各行业采用磁记忆方法-检测的必要性，由其焊接接头质量检测的相应标准加以规定。

### 3 对检测对象的要求

3.1 设备和结构可在工作状态（在载荷下），亦可在停机后（去掉工作载荷后）利用磁记忆方法检测。

3.2 表面无需清理和任何准备。厚度 3-4 毫米以上的绝缘层建议剥除。如果绝缘层无磁性，且厚度不超过 3-4 毫米，亦可在不剥除情况下进行检测。

3.3 检测区域金属的容许厚度范围列于各该检对象的方法中。

3.4 磁记忆方法应用方面的限制性的因素有：

-存在金属的人工磁化；

-检测对象上存在外来铁磁制件；

-检测对象附近（1 米以内）存在外部磁场源和电焊场源。

3.5 检测对象附近和其上的噪声、振动不影响检测结果。

### 4 对检测工具设备的要求

4.1 为利用磁记忆方法检测设备，采用具有国家标准委员会认证证书的专用磁测仪表。上述仪表说明书中应有确定 scz（应力集中区）的典型方法。

4.2 上述仪表的作用原理是基于确定铁磁测量探头线圈放置在检测对象近表面空间自有漏磁场（SMLF）时的电流脉冲数。可采用铁磁测量或其他磁敏转换器：场强计或梯度计作为测量自有漏磁场强度的传感器。

4.3 仪表应配备展示检测参数图形的视屏、以微处理器为基础的记录装置、存储单元以及专用传感器型式的扫描装置。并应保证能把信息由仪表输送到微机和打印机上。同仪表配套供应于在微机上处理检测结果的程序软件。

4.4 同仪表配套提供专用探头。传感器的型号根据方法和检测对象确定。每一传感器应具备两个以上测量通道，一个用于测量，另一个用来消除外部地球磁场的影响。

传感器壳体中有被测磁场的电子放大单元和测量受检区段长度的传感器。

4.5 磁场强度允许测量误差列于检测对象的检测方法中。

4.6 仪表应具备下列计量性能：

-每个测量通道被测磁场基本相对误差不超过  $\pm 5\%$ ；

-被测长度相对误差不超过  $\pm 5\%$ ；

- 仪表测量范围不小于 $\pm 1000\text{A/m}$  (安培/米);
- 最小扫描步长 (二个相邻检测点之间的距离) 应为 1mm (毫米);
- 微处理器和微电路工作造成的《干扰》水平不超过 $\pm 5\text{A/m}$  (安培/米)。

4.7 仪表应附有包括使用规范的产品样本。

## 5 检测准备

5.1 检测准备包括下列主要步骤:

- 分析检测对象的技术文件和填写检测对象卡片 (表格);
- 按照产品样本中的规范调整和标定仪器和传感器;
- 选择传感器和仪表的型式;
- 把检测对象划分成有结构特征的单个区段并在检测对象表格上标记。

5.2 检测对象技术文件的分析包括:

- 明确钢的牌号和部件的型式尺寸;
- 分析检测对象工作制度和故障 (损伤) 原因;
- 明确部件的结构特征、焊接接头的部位。

## 6 检测程序

6.1 采用具有磁场强度数字显示的仪表检测焊接接头对焊接接头进行诊断时, 仪表传感器的扫描方式展示在图 1 上, 铁磁探测器转换器垂直地置于检测表面, 由一个操作员沿焊缝整个周边 (分别沿焊缝金属和焊缝两侧的热影响区) 顺序移动, 然后再横切焊缝移动, 向管子母材方向偏离焊缝 30-50 毫米。

第二个操作员在记事本上记录检测数据: 带正或负号的磁场强度 ( $H_b$ , A/m)。磁场负号和量值跳跃式变化说明, 在焊接接头具体区段上沿  $H_b=0$  线存在残余应力集中。这些区段可用粉笔或颜料加以区别。

6.2 利用具有视屏、记录和扫描装置的仪表检测焊接接头, 图 2 示对焊接接头的检测方式。检测借助由 4 个铁磁探测转换器 1、2、3、4 和装入小车壳体中的长度计量器构成的扫描装置完成, 长度计量器可以随着磁场  $H_b$  强度量值的变化同时完成被检测区长度的测量。由图 2 可以看出, 检测时转换器 1 和 3 置于焊缝两侧的热影响区上, 而转换器 2 位于两者之间的中央部位。

检测前, 为每一个测量通道设定磁场  $H_b$  的测量步长 (仪表“设置”菜单中的 S 值)。每一个测量通道上的测量步长 (S) 或者相邻二测量点之间的距离  $\Delta l_b$  不得超过由焊缝连接之管壁厚度。

相邻转换器 1、2 和 3 之间的基准距离  $\Delta l_b$ , 按照焊缝尺寸设定并在测量之后记入仪表的内存 (仪表设置菜单中的 b 值。1、2、3 用于记录焊缝表面磁场  $H_b$  的扫描装置铁磁测量转换器, 4 用于调除外部磁场  $H_b$  的铁磁测量转换器; 5-长度计量器驱动轮;  $\Delta l_b$ -铁磁测量转换器之间的基准距离。

## 7 检测结果的处理

7.1 根据金属磁记忆检测结果确定下列参数:

-每一测量通道的磁场梯度值  $K_{in} = \frac{|\Delta H_p|}{|l_k|}$

式中  $\Delta H_p$ -两检测点之间磁场  $H_p$  的差值;  $|l_k|$  为检测点间的距离;

-测量通道之间的磁场梯度值  $K_{in} = \frac{|\Delta H_p|}{|l_b|}$

式中  $\Delta H_p$ -两检测点之间磁场  $H_p$  的差值;  $|l_b|$  为检测点间的距离;

-每一测量通道上以及测量通道之间基准距离上的平均值和最大值/ $K_{in}^{med}$ ,  $K_{in}^{max}$ ;

-表示应力集中区金属应力-变形状态 (SSS) 不均匀程度和变形能力的磁参数  $m$ ,  $m = K_{in}^{max} / K_{in}^{med}$  (随焊接接头质量的不同在 1.05~3.0 和更大范围内变化)

上述所有磁参数均可利用程序软件确定。

7.2 焊缝中损伤最趋向于发展的区段, 是在其上查出测量通道之间磁场  $H_p$  有最大异极值 (最大值的或者任何一个测量通道上的磁场  $H_p$  均有最大梯度值  $K_{in}^{max}$  的区段。这些区段相当于焊缝的应力集中区和缺陷。为查明应力集中区中具体缺陷, 再利用传统方法 (超声、X 射线等) 进行复测。

7.3 根据磁记忆方法-检测的结果, 确定须采用其他探伤方法复测得区段。

7.4 在磁参数值  $m \geq 2.0$  的应力集中区做研磨 (或金属抽样), 并用磁记忆方法-检测进行复测。

7.5 检测结果整理成结论并附上记录。记录格式列于附件 2 中。

7.6 磁场  $H_p$  数字显示仪表检测结果的处理实例列于附件 3 中。

7.7 配有记录和扫描装置仪表检测结果的处理实例在附件 4 中。

指标  $K_{in}^{med}$ ,  $K_{in}^{max}$ ,  $K_{in}^b$ ,  $m$  的计算利用仪表配套中包括的程序软件完成。

## 附件 1

## 有关磁记忆方法的术语、基本概念和符号

序号	术语	符号	定义
1	金属磁记忆	MMM	表现为制品和焊接接头金属残余磁性的一种后效，形成于在弱磁场中制造和冷却的过程，或者表现为制品由于工作载荷造成的在应力集中和损伤区磁性的不可逆变化。 注：弱磁场—地磁场和其他外部磁场。
2	金属磁记忆方法	MMM	基于对制品表面自有漏磁场 SMLF 分布进行分析，以确定金属和焊接接头的应力集中区、缺陷及组织不均匀性的无损检测方法。
3	自有漏磁场	SMLF	在工作载荷或者残余应力的作用下在稳定位错滑移带区域中，或金属组织有最大不均匀性区域中制件表面产生的漏磁场。
4	磁位错滞后	—	在弱磁场中由位错积聚处磁畴边界的固结造成的磁滞。
5	自有漏磁场强度	$H_b$ (A/m)	按照金属磁记忆方法在制件表面测得的漏磁场强度数值。
6	自有漏磁场梯度值	$K_{NH}$ (A/m <sup>2</sup> )	在两个测量点测得的漏磁场强度模数差值对于两个测量点间距离之比。
7	金属变形性能的磁指标	$m$	自有漏磁场 SMLF 的最大梯度值与平均值之比。
8	金属变形性能的临界磁指标	$m_{lim}$	对应于金属强度极限的自有漏磁场 SMLF 最大梯度值与对应于金属屈服极限的 SMLF 自有漏磁场平均梯度值之比。
9	自有漏磁场测量通道	$H_1$ 、 $H_2$ 等	用一个铁磁探测转换器测得的自有漏磁场 SMLF 强度。
10	自有漏磁场强度的纪录间距	—	按照金属磁记忆方法测量漏磁场强度两个相邻测量点之间的距离。
11	两个测量通道之间的基准距离	$l_0$	调整传感器时设定的两个自有漏磁场 SMLF 测量通道之间的距离。
12	自有漏磁场 SMLF 曲线图	—	反映被测区段长度方向上自有漏磁场 SMLF 变化的分布图。

