



中华人民共和国国家标准

GB/T 15822.1—2024/ISO 9934-1:2016

代替 GB/T 15822.1—2005

无损检测 磁粉检测 第1部分：总则

Non-destructive testing—Magnetic particle testing—Part 1:General principles

(ISO 9934-1:2016, IDT)

2024-09-29 发布

2024-09-29 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 人员资格鉴定与认证	1
5 安全与环境	2
6 检测规程	2
7 表面准备	2
8 磁化	2
8.1 通用要求	2
8.2 磁化验证	3
8.3 磁化技术	3
9 检测介质	9
9.1 介质性能与选择	9
9.2 检测介质检测	9
9.3 检测介质施加	9
10 观察条件	9
11 综合性能检测	9
12 显示记录与解释	9
13 退磁	10
14 清洗	10
15 检测报告	10
附录 A (资料性) 各种磁化技术中达到规定切向磁场强度所需电流的计算示例	11
A.1 概述	11
A.2 轴向通电 (8.3.2.1 和图 1)	11
A.3 触头通电 (8.3.2.2、图 2 和图 3)	11
A.4 感应电流 (8.3.2.3 和图 4)	11
A.5 穿过导体 (8.3.3.1 和图 5)	12
A.6 近体导体 (8.3.3.2、图 6 和图 7)	12
A.7 刚性线圈 (8.3.3.5 和图 10)	12
A.8 柔性电缆绕制线圈 (8.3.3.6 和图 11)	12
A.9 波形 (表 A.1)	13
参考文献	14

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。

本文件是 GB/T 15822《无损检测 磁粉检测》的第1部分。GB/T 15822 已经发布了以下3个部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：检测介质；
- 第3部分：设备。

本文件代替 GB/T 15822.1—2005《无损检测 磁粉检测 第1部分：总则》，与 GB/T 15822.1—2005 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了安全与环境要求（见第5章，2005年版的第5章）；
- b) 更改了检测工艺规程（见第6章，2005年版的第6章）；
- c) 更改了磁化一般要求（见8.1，2005年版的8.1）；
- d) 更改了磁化验证（见8.2，2005年版的8.2）；
- e) 增加了磁化技术的总体要求（见8.3.1）；
- f) 更改了便携式电磁体（磁轭）的设备要求（见8.3.3.4，2005年版的8.3.2.4）；
- g) 更改了刚性线圈的工件规格要求（见8.3.3.5，2005年版的8.3.2.5）；
- h) 删除了观察条件对彩色介质和荧光介质的规定（见2005年版的10.1和10.2）；
- i) 更改了退磁要求（见第13章，2005年版的第13章）。

本文件等同采用 ISO 9934-1:2016《无损检测 磁粉检测 第1部分：总则》。

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：上海锅炉厂有限公司、上海材料研究所有限公司、中国特种设备检测研究院、江苏省特种设备安全监督检验研究院、杭州市特种设备检验科学研究院（杭州市特种设备应急处置中心）、广东省特种设备检测研究院。

本文件主要起草人：尹逸玉、蒋建生、朱宇龙、潘强华、李绪丰、丁杰、唐光勇、马向东、王磊、张佩铭、许雷辉。

本文件于1995年首次发布，2005年第一次修订，本次为第二次修订。

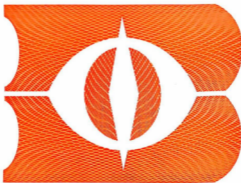
引 言

磁粉检测是无损检测常规方法之一，广泛应用于机械、冶金、航天、航空、石油、船舶、铁道等领域的铁磁性材料及产品的表面和近表面缺陷。

GB/T 15822 旨在规范开展磁粉检测活动。GB/T 15822 拟由 3 个部分构成。

- 第 1 部分：总则。目的在于规定磁粉检测的总体要求。
- 第 2 部分：检测介质。目的在于规定磁粉检测产品（包括磁悬液、干磁粉、载液和反差增强剂）的主要特性及其性能核查方法。
- 第 3 部分：设备。目的在于规定用于磁粉检测设备的性能、实用性方面的最低要求和测量特定参数的方法。

本文件是 GB/T 15822 的第 1 部分。本次对 GB/T 15822.1—2009 进行修订，明确且细化被检工件的表面准备、磁化技术、检测介质的要求与施加、检测结果的记录与解释的要求，促进磁粉检测规范化，保障产品质量及服役安全具有重要的意义。



无损检测 磁粉检测 第1部分：总则

1 范围

本文件规定了铁磁性材料磁粉检测总则。磁粉检测主要用于检测表面开口的不连续，尤其是裂纹。磁粉检测也能检测近表面的不连续，但其灵敏度随深度增加而迅速降低。

本文件规定了被检工件的表面准备、磁化技术、检测介质的要求与施加、检测结果的记录与解释。本文件未涉及验收准则，对于特殊工件磁粉检测的附加要求，由产品标准规定。

本文件不适用于剩磁法。

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。

ISO 3059 无损检测 渗透检测和磁粉检测 观察条件（Non-destructive testing—Penetrant testing and magnetic particle testing—Viewing conditions）

注：GB/T 5097—2020 无损检测 渗透检测和磁粉检测 观察条件（ISO 3059:2012, IDT）

ISO 9934-2 无损检测 磁粉检测 第2部分：检测介质（Non-destructive testing—Magnetic particle testing—Part 2: Detection media）

注：GB/T 15822.2—2024 无损检测 磁粉检测 第2部分：检测介质（ISO 9934-2:2015, IDT）

ISO 9934-3 无损检测 磁粉检测 第3部分：设备（Non-destructive testing—Magnetic particle testing—Part 3: Equipment）

注：GB/T 15822.3—2024 无损检测 磁粉检测 第3部分：设备（ISO 9934-3:2015, IDT）

ISO 12707 无损检测 磁粉检测 术语（Non-destructive testing—Magnetic particle testing—Vocabulary）

注：GB/T 12604.5—2020 无损检测 术语 磁粉检测（ISO 12707:2016, IDT）

EN 1330-1 无损检测 术语 第1部分：通用术语表（Non-destructive testing—Terminology—Part 1: General terms）

EN 1330-2 无损检测 术语 第2部分：无损检测方法专用术语（Non-destructive testing—Terminology—Part 2: Terms common to non-destructive testing methods）

3 术语和定义

ISO 12707、EN 1330-1 和 EN 1330-2 界定的术语和定义适用于本文件。

4 人员资格鉴定与认证

磁粉检测由具有能力并通过资格认证的人员承担。建议根据 ISO 9712 或其他等效文件对人员进行资格认证。

5 安全与环境

遵守国家和/或地方有关健康、安全、环境的法规。

磁粉检测通常在被检工件和磁化设备附近产生强磁场，对磁场敏感的器件宜放在此区域外。

6 检测规程

当询价或订货有要求时，磁粉检测应按书面检测规程实施。

检测规程采用简明的技术表单形式，其内容包括所引用的本文件或其他相应文件。检测规程宜规定足够详细的检测参数以保证检测的可重复性。

所有检测均应按照批准的书面检测规程或参考相关产品标准实施。

7 表面准备

被检表面应无污垢、氧化皮、松散铁锈、焊接飞溅、脂、油和任何其他可能影响检测灵敏度的外来物。

表面质量要求取决于被检不连续的尺寸和方向，应进行表面准备，使相关显示清晰区别于伪显示。厚度不大于 50 μm 的非铁磁性涂层，如无破裂、紧密黏附着的油漆层，一般不降低检测灵敏度。较厚的涂层则降低灵敏度，此种情况应验证灵敏度。

显示与被检表面之间应有明显的视觉反差。对于非荧光技术，可施加一层薄而均匀的、经认可的反差增强剂。

8 磁化

8.1 通用要求

适用于检测的最小磁通量密度 (B) 为 1 T。在低合金钢和低碳钢中达到此要求所施加的磁场强度 (H) 由材料的相对磁导率决定。相对磁导率随材料、温度以及施加的磁场不同而变化。因此，对施加的磁场强度不作明确要求。通常切向磁场强度约为 2 kA/m。

当使用时变电流 (I) 产生磁场 (时变) 时，为了实现检测技术的可重复性，控制波的波峰因子 (波形) 和电流测量方法非常重要。常用方法采用测量峰值和有效值，测量值受仪器响应影响。因此只应使用直接响应波形的仪器 (如具有适当的波峰因子，能准确进行有效值测量的真有效值仪表)。不应使用基于理论计算由其他数值推导从而计算出峰值或有效值的仪器。这同样适用于测量磁场的设备。

平滑型波形的波峰因子小，峰值和真有效值差最小，是磁粉检测的优选波形。除非有文件证明技术的有效性，否则不应使用波峰因子 (如峰值/有效值) 大于 3 的波形。

使用多向磁化技术时，应使用纯正弦波电流或相位控制电流，但相位控制不应超过 90°。应验证该技术各向有效性 (如使用已知缺陷的工件或试片)。

假如磁导率在正常范围内，且按照上述要求对电流测量方法进行控制，基于 2 kA/m 的计算方式能提供一种有价值的技术准备的方法。如果波峰因子已知，则使用峰值电流或真有效值电流是可接受的。最好已知磁化电流的完整波形。已知波峰因子也能获得很好的实际近似值。纯正弦波的峰值、平均值和有效值间的关系见附录 A。应在使用前进行验证基于计算的技术。

注1：低磁导率钢有必要选用更高的切向磁场强度。如果磁化强度太高，可能出现掩盖相关显示的虚假背景显示。

如果裂纹或其他线状不连续极有可能排列在某特定方向上，磁力线应与不连续的方向垂直。

更多免费资源访问华夏检验检测网 (www.huaxiajianyan.com) —— (仅供学习参考)

注2：磁力线在偏离不连续最佳检测方向达到60°时，仍被认为有效。在某一表面上进行两次相互垂直的磁化完成对该表面的完全覆盖。

磁粉检测宜被认为是一种表面无损检测方法；然而，磁粉检测也能检测近表面不连续。对于交变磁场，磁化深度（趋肤深度）取决于电流的频率。近表面缺欠产生的漏磁场随深度增加急剧下降，因此，虽然不推荐使用磁粉检测来检测非表面缺欠，但使用平滑的直流或整流电能提高近表面缺欠的检出。

8.2 磁化验证

表面磁通量密度是否足够，应采用以下一种或几种方法来证实：

- 检测一个在最不利的部位带有细微的自然或人工不连续的工件；
- 靠近表面测量切向磁场强度（按ISO 9934-3规定的方法）；
- 计算通电法的切向磁场强度——许多情况下采用简单计算，电流值的基本计算见附录A；
- 采用基于已知原理的其他方法。

紧贴于被检表面的磁场指示器（如片型），提供了一个切向磁场强度大小和方向的指示，但不宜用于验证切向磁场强度是否可接受。

8.3 磁化技术

8.3.1 通则

本文件介绍了一系列的磁化技术。多向磁化能发现任何方向的不连续。对于形状简单的物体，近似切向磁场强度的公式见附录A。磁化设备的要求及使用应符合ISO 9934-3的规定。

各种磁化技术如下所述。

为了发现整个被检表面和各个方向上的不连续，可采用一种以上技术。当第一次磁化所产生的剩磁不能消除时，可要求进行退磁。只要能按8.1的规定提供充分的磁化，也能采用以下技术之外的其他磁化技术。

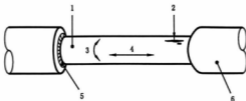
8.3.2 通电技术

8.3.2.1 轴向通电

检测平行于电流方向的不连续时，通电技术呈现出很高的灵敏度。

电流应通过电接触良好的垫片流过工件。典型布置见图1。电流应由外周尺寸导出，并均匀分布在被检表面上。达到规定切向磁场强度所需电流的近似计算式示例见附录A。

不应损伤工件上电接触处。损伤可能包括过热、烧灼和电弧。



标引序号说明：

- 1—工件；
- 2—伤；
- 3—磁力线；
- 4—电流；
- 5—接触垫片；
- 6—触头。

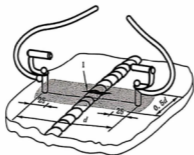
图1 轴向通电

8.3.2.2 触头通电

电流从图 2 所示的手持触头或夹钳间通过，在较大表面上对小区域进行检测，然后触头以规定方式移动以覆盖全部待检测区域。几种检测方式的示例见图 2 和图 3。达到规定切向磁场强度所需电流的近似计算式示例见附录 A。

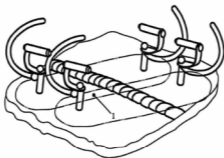
当条状不连续平行于电流方向时，该技术呈现出最高的灵敏度。不应发生因触头引起的工件烧灼或污染而损坏被检表面的现象。起弧放电或过度发热应被视为对其可接受程度有待进一步评定的一种缺乏。如果对受影响区域做进一步检测，则应采用另一种技术。

单位为毫米



标引序号说明：
1—伤。

图 2 触头通电

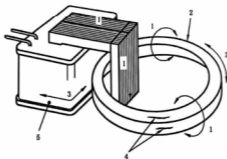


标引序号说明：
1—重叠部位。

图 3 触头通电

8.3.2.3 感应电流

将一环状工件作为一个变压器次级，使其产生感应电流，见图 4。达到规定切向磁场强度所需电流的近似计算式示例见附录 A。



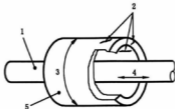
- 标引序号说明：
 1—磁力线；
 2—工件；
 3—电流；
 4—伤；
 5—变压器初级线圈。

图4 感应电流

8.3.3 通磁技术

8.3.3.1 穿过导体

将放在试件孔中或穿过空穴的表面绝缘的棒或柔性电缆通以电流，见图5。



- 标引序号说明：
 1—绝缘棒；
 2—伤；
 3—磁力线；
 4—电流；
 5—工件。

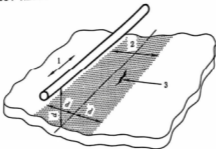
图5 穿过导体

当不连续平行于电流方向时，该技术呈现出最高的灵敏度。

附录 A 给出的用于中心导体的近似计算式示例也适用于此情况。对于偏心导体，切向磁场强度应通过测量验证。

8.3.3.2 近体导体

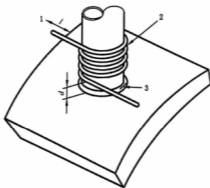
一根或多根表面绝缘的通电电缆或导电棒，平行放置于工件表面，接近被检区域并在其上保持距离为 d ，见图6和图7。



标引序号说明:

- 1—电流;
- 2—磁力线;
- 3—伤。

图6 近体导体



标引序号说明:

- 1—电流;
- 2—N匝;
- 3—伤的方向。

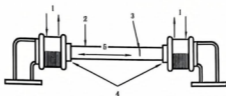
图7 近体导体(螺旋线圈)

近体导体磁化技术要求接近被检工件的电流近似于单一流向。通回路电缆的放置位置应远离被检区域。在任何情况下,此间距应大于 $10d$,此处 $2d$ 为检测区域的宽度。

电缆应以小于 $2d$ 的间隔在工件上移动,以确保检测区域的重叠。达到规定切向磁场强度所需电流的近似计算式示例见附录A。

8.3.3.3 固定装置

将工件或其部分与电磁体的两极相接触,见图8。



标引序号说明：

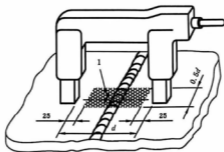
- 1—电流；
- 2—工件；
- 3—伤；
- 4—磁极；
- 5—磁力线。

图8 通磁

8.3.3.4 便携式电磁体（磁轭）

将交流电磁体（磁轭）的两极与工件表面相接触，见图9。检测区域不应大于两磁极之间的内切圆，且不应包括两极附近区域。适当的检测区域的示例见图9。

单位为毫米



标引序号说明：

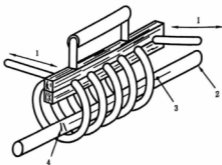
- 1—伤。

图9 便携式电磁体（磁轭）

8.1 规定的磁化要求仅适用于交流电磁体，直流电磁体和永久磁体仅在询价或订货达成协议时才可使用。

8.3.3.5 刚性线圈

将工件放置在一个通电线圈中，使其在平行于线圈轴的方向上磁化，见图10。当条状不连续垂直于线圈轴时，检测达到最高灵敏度。



标引序号说明：

- 1—电流；
- 2—工件；
- 3—磁力线；
- 4—伤。

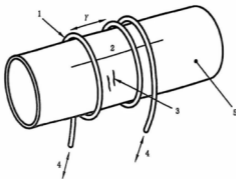
图 10 刚性线圈

当采用螺旋形刚性线圈时，螺距应小于线圈直径的 25%。

对于长径比小于 5 的短工件，建议采用磁性延长块，这样可减小为达到必要磁化所需的电流。达到规定切向磁场强度所需电流的近似计算式，见附录 A。

8.3.3.6 柔性线圈

将通电电缆紧贴工件绕成线圈，检测区域应在线圈各匝之间，见图 11。



标引序号说明：

- 1—绝缘电缆；
- 2—磁力线；
- 3—伤；
- 4—电流；
- 5—工件。

图 11 柔性线圈

达到规定切向磁场强度所需电流的近似计算式，见附录 A。

9 检测介质

9.1 介质性能与选择

检测介质特性应符合 ISO 9934-2 的规定。

磁粉检测使用各类检测介质。通常，检测介质是一种悬浮在载液中彩色（包括黑色）或荧光的微粒。水基载液应包含润湿剂，通常还有防锈剂。

干法磁粉也适用。它们通常不显示细微的表面不连续。

如果具备合适的光滑表面，有助于最大程度地增强显示对比度的良好排液，和符合第 10 章规定严格控制观察条件，则通常荧光介质灵敏度最高。

如果彩色介质与工件表面反差足够，也能呈现出很高的灵敏度。黑色及其他颜色都适用。

注：为获得不连续与被检表面之间的高对比度，可能需要根据第 7 章和第 10 章的规定施加一层薄的反差增强剂。

9.2 检测介质检测

ISO 9934-2 规定了在检测前或检测过程中定期进行的强制性和推荐性的检测。

应使用合适的参考试块按 ISO 9934-2 的规定在检测前和检测过程中定期进行灵敏度检测。

如果反复或循环使用磁悬液，应保持其性能。

9.3 检测介质施加

对于连续法，应稍提前于磁化、并在磁化过程中持续施加检测介质。停止磁化之前结束施加。在移动或检测被检工件或构件前，应有充足的时间以便形成显示。

当施加干磁粉时，应采用对显示干扰最小的施加方式。

磁悬液施加期间，应采用非常小的压力使磁悬液流淌到表面，以便磁粉形成的显示不被冲洗掉。

施加磁悬液后，工件应进行排液，以便增强显示对比度。

10 观察条件

观察条件应符合 ISO 3059 的规定。

检测介质和被检表面应有较好的反差。若有观察不到之处，应移动工件或设备以便对所有区域作充分的观察。在磁化结束后、检查工件和记录显示之前，应确保显示不被扰乱。

11 综合性能检测

检测开始前，应进行综合性能检测，用于验证检测工艺规程、磁化技术或检测介质的符合性。

最可靠的检测是检测一个含有已知的自然或人工不连续类型、位置、大小和分布情况的、具有代表性的工件。被检工件应已退磁，且没有以往检测所残留的显示。

如果没有含已知不连续的实际产品工件，能使用含有人工不连续的试件，例如十字或其他试片。

12 显示记录与解释

宜注意区分真实显示与假像或伪显示之间的差别，如划伤、截面变化、不同磁性区的交界面或磁写。操作人员应进行必要的检测或观察予以识别，如有可能则予以排除造成这种伪显示的根源。

注：在允许的情况下，轻度的表面打磨是有益的。

包括不能被明确判定为伪显示的所有显示，应按如下定义分类成线状或圆状，并按产品标准要求作记录。

长度大于3倍宽度的显示为线状显示，长度小于或等于3倍宽度的圆形或椭圆形显示为圆状显示。

13 退磁

如果询价或订货有要求时，检测后应采用相应的技术进行退磁，以达到剩磁上限的要求。如果需要退磁后观察显示，应采用合适的方法保留显示。

有些场合，磁粉检测前应进行退磁。这是因为初始剩磁引起的铁屑吸附、反向磁场或虚假显示可能限制检测有效性。

磁化后的剩磁场能用剩磁场计、霍尔效应仪器或合同允许的物理方式（如指针式测量）等检测剩余磁场强度。通常，磁敏元件在整个工件上移动并观察最大值，应特别关注使用霍尔效应仪器（设计用于测量切向磁场强度）测量剩磁，因为这类仪器不能对垂直于表面的磁场进行精确定量。

注：采用交变磁场进行退磁，通过将磁场强度从大于或等于磁化时所用的初始值逐渐减小来实现。

通常很难完全退磁，尤其当被检工件是直流磁化的。工件若采用直流技术磁化，退磁则采用低频或反向的直流电。

14 清洗

如有规定，检测合格后，应清除所有工件表面的检测介质。

注：另外，有必要对工件进行防腐处理。

15 检测报告

检测报告应至少包括以下内容：

- a) 检测机构名称；
- b) 检测地点；
- c) 被检工件说明及标识；
- d) 检测时机（如热处理前或后，最终机加工前或后）；
- e) 引用文件、书面检测工艺规程和所用的技术表单；
- f) 检测设备；
- g) 磁化技术，包括（如适用）电流指示值、切向磁场强度、波形、接触或极间距、线圈尺寸等；
- h) 检测介质，和反差增强剂（如使用）；
- i) 表面准备；
- j) 观察条件；
- k) 检测后的最大剩磁（如适用）；
- l) 记录或标记显示的方法；
- m) 检测日期；
- n) 检测人员的姓名、资格和签名。

检测报告还应包括检测结果，包括显示的详细说明和是否符合验收条款的声明。

附录 A

(资料性)

各种磁化技术中达到规定切向磁场强度所需电流的计算示例

A.1 概述

所有可使用的计算式，给出的是在形状简单的工件或大型工件的零部件上达到充分磁化所需电流的近似值。当磁化是由时变电流产生时，所要求的数值是有效值，电流以检测区域圆周上的切向磁场强度 H 的形式表达，见 8.1。下面给出了在各种磁化技术中，达到规定切向磁场强度所需电流的计算示例。

A.2 轴向通电 (8.3.2.1 和图 1)

所需电流 I 由公式 (A.1) 给出：

$$I = H \times p \quad \text{..... (A.1)}$$

式中：

- I —— 电流，单位为安 (A)；
 H —— 切向磁场强度，单位为千安每米 (kA/m)；
 p —— 工件周长，单位为毫米 (mm)。

对于截面变化的工件，只有在工件截面的最大值与最小值之比小于 1.5:1 的情况下才能以单一电流值来磁化。以单一电流值进行磁化时，电流值应根据最大截面来确定。

A.3 触头通电 (8.3.2.2、图 2 和图 3)

检测图 2 和图 3 所示的矩形检测区域时，有效电流 I 由公式 (A.2) 给出：

$$I = 2.5H \times d \quad \text{..... (A.2)}$$

式中：

- I —— 电流强度，单位为安 (A)；
 H —— 切向磁场强度，单位为千安每米 (kA/m)；
 d —— 触头间距，单位为毫米 (mm)。

此式所适用的触头间距 d 最大值为 200 mm。

另外，该检测区域也为一个两触头间的内切圆，但分别不包括距两个触头 25 mm 范围的区域，这时，有效电流 I 由公式 (A.3) 给出：

$$I = 3H \times d \quad \text{..... (A.3)}$$

仅在被检工件的曲率半径大于触头间距的一半时，上述两式才可靠。

A.4 感应电流 (8.3.2.3 和图 4)

所需电流 I_{ind} 由公式 (A.4) 给出：

$$I_{\text{ind}} = H \times p \quad \text{..... (A.4)}$$

式中：

- I_{ind} —— 电流，单位为安 (A)；
 H —— 切向磁场强度，单位为千安每米 (kA/m)；
 p —— 工件周长，单位为毫米 (mm)。

对于截面变化的工件，只应在工件截面的最大值与最小值之比小于 1.5:1 的情况下使用单一电流值

磁化,以单一电流值进行磁化时,电流值应根据最大截面来确定。

注:感应电流不能简单地通过初级电流计算得出。

A.5 穿过导体 (8.3.3.1 和图 5)

对于中心导体,电流由公式 (A.1) 给出。

如果被检工件为空心管件或类似工件,若检测外表面,电流应根据外径计算,若检测内表面,电流应根据内径计算。

A.6 近体导体 (8.3.3.2、图 6 和图 7)

为了达到所要求的磁化,电缆安放时应使其中心线距被检表面距离为 d 。

有效的检测区域为电缆中心线两侧各 d 的范围,电缆中所需电流有效值由公式 (A.5) 给出:

$$I = 4\pi \times d \times H \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

- I —— 电流有效值,单位为安 (A);
- d —— 电缆距被检表面的距离,单位为毫米 (mm);
- H —— 切向磁场强度,单位为千安每米 (kA/m)。

当检测圆柱形工件或支管接头 (如管座与集箱焊缝) 的圆弧状拐角时,电缆可缠绕在支管或工件表面,并且可紧密地绕数圈,见图 7。在这种情况下,被检表面距电缆或线圈的距离应在 d 范围内,这时 $d = NI/4H$, NI 为安匝数。

A.7 刚性线圈 (8.3.3.5 和图 10)

当工件截面小于线圈截面的 10%,并且工件靠近线圈内壁沿轴向放置时,应采用公式 (A.6) 计算,每次检测应按线圈长度递进。

$$NI = \frac{0.4H \times K}{L/D} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中:

- N —— 线圈有效匝数;
- I —— 电流,单位为安 (A);
- H —— 切向磁场强度,单位为千安每米 (kA/m);
- K —— 22 000,适用于交流电 (有效值) 和全波整流电 (平均值);
- K —— 11 000,适用于半波整流电 (平均值);
- L/D —— 圆形截面工件的长度与直径之比 (当工件为非圆形截面时, $D = \text{周长}/\pi$)。

注:当工件半径比 $L/D > 20$ 时, L/D 取 20。

对于短工件 (如 $L/D < 5$),直接使用公式 (A.6) 计算会得出很大的电流。为使电流最小化,应使用延长块以增加工件有效长度。

A.8 柔性电缆绕制线圈 (8.3.3.6 和图 11)

用直流或整流电来达到所需磁化时,电缆中电流有效值应由公式 (A.7) 给出:

$$I = 3H[T + (Y^2/4T)] \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

- I —— 电流有效值,单位为安 (A);
- H —— 切向磁场强度,单位为千安每米 (kA/m);
- T —— 工件壁厚,或者为实心圆零件的半径,单位为毫米 (mm);






Y —— 线圈相邻两匝的间距, 单位为毫米 (mm)。

用交流电来达到所需磁化时, 电缆中电流有效值应由公式 (A.8) 给出:

$$I = 3H[10 + (Y^2/40)] \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

A.9 波形 (表 A.1)

表 A.1 几种正弦波峰值、平均值与有效值之间的关系

波形	峰值	平均值	有效值	有效值/平均值
交流电 	I	0	$0.707I$ ($=I/\sqrt{2}$)	—
半波整流交流电 	I	$0.318I$ ($=I/\pi$)	$0.5I$	1.57
全波整流交流电 	I	$0.637I$ ($=2I/\pi$)	$0.707I$ ($=I/\sqrt{2}$)	1.11
三相半波整流电 	I	$0.827I$	$0.841I$	1.02
三相全波整流电 	I	$0.955I$ ($3I/\pi$)		

参 考 文 献

- [1] ISO 9712 Non-destructive testing—Qualification and certification of NDT personnel
-