

欧洲标准

**ICS 25. 160. 40**

**EN 1711**

**2000 年二月**

中文版

焊缝的无损检测—用  
涡流阻抗平面分析检验焊缝

该欧洲标准由 CEN 于 1999 年 11 月 11 日批准。

CEN 成员国必须遵守 CEN/CENELEC 内部管理规定，这些规定的内容确定了该欧洲标准的不可动摇的国家标准的地位。至今涉及这样的国家标准的作目录和书目参考可以向中央秘书处或任何 CEN 成员国索取。

该欧洲标准有三种官方版本（英文，法文，德文）。任何由成员国负责翻译成自己国家语言并通知中央秘书处的版本有官方版本同样的地位。

CEN 成员是国家标准委员会：奥地利，比利时，捷克，丹麦，法国，德国，希腊，冰岛，爱尔兰，意大利，卢森堡，荷兰，挪威，葡萄牙，西班牙，瑞典，瑞士和英国。

CEN

欧洲标准化委员会

中央秘书处：Stassart 路，36 号，B-1050 布鲁塞尔，比利时

©2000 CEN 世界范围内以任何形式和方法开发的所有权利均属 CEN 国家成员

# 目录

前言	1
1. 应用范围	1
2. 参考标准	1
3. 名词(术语和定义)	1
4. 操作(检查)人员的要求	1
5. 程序	1
6. 一般应用	1
6. 1 必要的信息	1
6. 2 其它信息	2
6. 3 表面状态	2
6. 4 仪器(设备)	2
6. 5 检验程序	5
6. 6 检出缺陷的能力	11
6. 7 不合格信号的(不可接受缺陷的)评估	13
6. 8 其它材料的焊缝检验程序	17
7. (检验)报告	17
附录 ZA: 制定根本要求的本标的条款及 EU 指令的其它规定	

## 前言:

本欧洲标准是由 CEN/TC121 技术委员会, 焊接介绍委员会, DS 的秘书处共同制订。最迟于 2000 年 8 月份, 应签署或出版相同的版使本标准应成为国家标准, 到 2000 年 8 月份, 国家标准中所有与本标准冲突的部分应废弃。本标准是在欧洲委员会和欧洲自由贸易协会委托下由 CEN 制订的, 适合 EU 指令中的根本要求。与 EU 指令的关系, 请看附录 ZA, 它是本标准的整体部分。按照 CEN/CENELEC 内部管理规定, 以下国家标准组织应执行本标准: 奥地利, 比利时, 捷克, 丹麦, 法国, 德国, 希腊, 冰岛, 爱尔兰, 意大利, 卢森堡, 荷兰, 挪威, 葡萄牙, 西班牙, 瑞典, 瑞士和英国。

## BSI 05—2000

### 1. 应用范围

本标准规定了,用在铁磁性材料(焊缝、热影响区、母材)中,表面开口型和近表面面积型缺陷检测的涡流技术。如果设计要求需要,本项涡流技术同样可应用于其他金属构件材料(不锈钢等)。该技术可用于任何在制造和在役中,陆上,海上的涂层和非涂层物体。在可以接近的表面和几乎任意的布置上执行检测。通常,它是在焊接完工的状态下使用。但它不能有效检验非常粗糙的表面。除非特别说明,EN12084: 1995 的一般规则适用。

### 2. 参考标准

本标准和其他更新或非更新的其他标准的条款一起应用。这些参考标准在本文和发布文件中的适当地方被引用,它们的名称列在其后。对于这些发布文件的更新,随后的修正或任何的修改,当其修正和修改并入这些发布文件中时,适用于本标准。对于非更新参考,参考最新的版本使用。

EN473	NDT 人员的资格和证书 —— 一般条款
EN1289	焊缝无损检测 —— 焊缝的渗透检验 —— 合格等级
EN1291	—— 磁粉检验 —— 合格等级
EN1330-5	—— 术语汇编 —— Part5 涡流检测中使用的术语
EN12062	—— 金属材料检验的一般原则
prEN 12084:1995	无损检测 —— 涡流检测 —— 一般规则和基本导则
EN25817,	在钢中 Arc-焊接接头——质量等级指南 (ISO 5817: 1992)
EN30042,	在铝和它的可焊合金中 Arc-焊接接头——质量等级指南 (ISO 10042: 1992)

### 3. 名词(术语和定义)

对于本标准 EN1330-5 中的名词(术语和定义)适用

### 4. 人员要求

运用本标准进行检验的人员应按照 EN473 的要求进行相应级别的资格鉴定和发证。

### 5. 程序

作为一般应用,本标准可以被作为程序应用。若设计要求需要,应参考 prEN12084:1995 的指导,书写检验程序。

### 6. 一般应用

#### 6.1 必要的信息

在进行涡流检验之前,应按 prEN12084:1995 的要求,规定以下必要内容:

- ① 检验人员的证书
- ② 检测计划
- ③ 检测设备
- ④ 设备的标定
- ⑤ 标定试块
- ⑥ 验收标准
- ⑦ 缺陷信号记录
- ⑧ 报告格式
- ⑨ 有不合格缺陷指示时采取的的必要措施

#### 6.2 其他

检测前,下列信息必须:

- ① 母材的成分和等级
- ② 填充金属的型号
- ③ 被检焊缝的位置及范围
- ④ 焊缝表面的几何形状
- ⑤ 表面状态
- ⑥ 涂层种类及厚度

为了确定工件的不连续性的性质,操作者应要求更多的有用的信息。

## 6.3 表面状态

依赖于灵敏度的要求，涡流方法可以通过最大 2mm 厚的非金属涂层检测出表面裂纹。除非相关的灵敏度能够被证明，才可以考虑检测超过此涂层厚度以下表面裂纹。

涡流检测依赖于探头与被测工件的紧密接触，为有效地检测焊缝必须注意的是：局部不利的焊缝结构形式、过多的焊接飞溅物、氧化皮，锈垢及松散的油漆，它们会分散探头的能量，从而影响探测的灵敏度，并产生杂信号。

应该指出：某些导电涂层，如热喷涂的铝和铅，会严重影响检测结果，因为它们会在所有表面开口型的裂纹中沉积电导材料。本检测方法经常检测不出由这种金属沉积覆盖的裂纹。

## 6.4 设备

### 6.4.1 仪器

#### 6.4.1.1 一般要求

本检测所需的仪器应能分析和显示带有相位和幅度的阻抗平面图，至少具有以下功能。

#### 6.4.1.2 频率

涡流仪器应该工作于 1KHZ 至 1MHZ 范围内一个选定的频率。

#### 6.4.1.3 灵敏度要求

在平衡和提离效应的补偿及进一步的增益和相位控制之后，仪器应能够检测出，具有相应于待检工件预期最大涂层厚度相关标定块中 1mm 深的人工缺陷，仪器应能够使它的信号幅度达到全屏。

在具有同样涂层厚度的同一标定试块中，一个 0.5mm 深人工缺陷的信号幅度至少为 1mm 人工缺陷的 50%。

选定的探头必须满足这两个要求，并应该在相关的标定试块上到验证，若达不到此要求，不能进行检测。

#### 6.4.1.4 信号的显示

最低限度，仪器能够显示缺陷信号的阻抗平面图，并易于保留显示数据在屏幕上，直到操作者还原为止。信号轨迹应能够在检测中的照明条件下清晰可见。

#### 6.4.1.5 相位控制

相位控制能够以不超过 10° 的步进进行旋转（360°）。

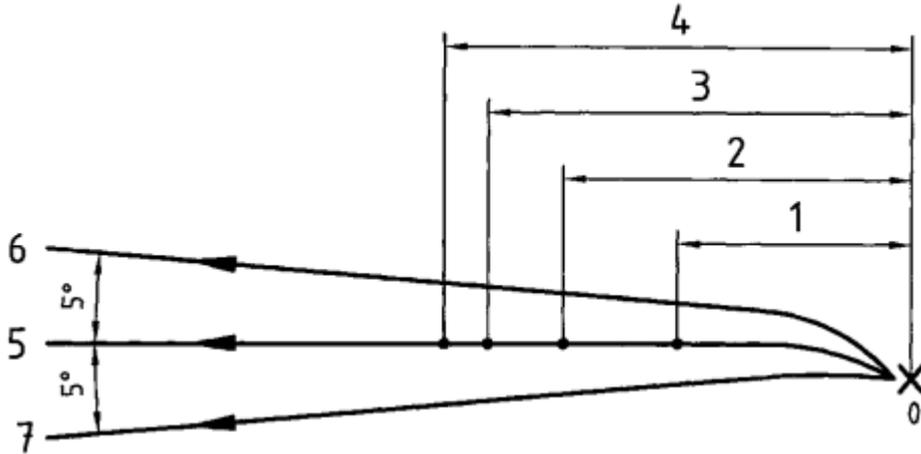
#### 6.4.1.6 评估模式

评估模式使用轨迹于阻抗平面图上的一个矢量的相位分析和幅度分析方法。评估模式可以是把当前信号显示与预先存贮的参考数据进行对比。

## 6.4.2 表面探头

### 6.4.2.1 借助标定试块测量涂层厚度和鉴别材料的探头

为达到此目的，探头在一个标定试块上面，从无涂层点移动到有被测工件上最大涂层厚度的点时，应能产生出满屏的提离信号。探头应该以绝对模式工作于 1KHZ 至 1MHZ 范围内一个选定的频率。所有探头应清楚地标明它们的工作频率范围（看图 1）。



关键点

- 1, 2, 3, 4 代表在标定试块模拟涂层厚度变化的偏转
- 5 代表标定试块材料的偏转
- 6, 7 代表在使用标定试块模拟材料范围的偏转
- 0 平衡

图 1 使用绝对探头的涂层厚度测量和材料分选

### 6.4.2.2 检测焊缝用的探头

为检测铁磁性焊缝，必须运用特殊设计的探头。探头组件应是差分的、正交的、相切的或相当的，其特性不受焊缝和焊缝热影响区中导电率，导磁率和提离效应变化的影响。

探头的直径应参考被检工件的尺寸选择。这样的探头应能在图以一层薄的非金属耐磨材料的工作表面检测。如果探头有盖，探头必须用连同它的探头盖一块标定。探头的工作频率范围应在 100KHZ~1MHZ 之间。

## 6.4.3 附件

### 6.4.3.1 标定试块

必须使用与被检工件相同材料的试块，除非合同双方一致同意，在标定试块上应有（放电机加工的）0.5、1、2 深的槽，深度误差应该是  $\pm 0.1\text{mm}$ 。建议槽的宽度应该是  $\leq 0.2\text{mm}$ （看图 2）。

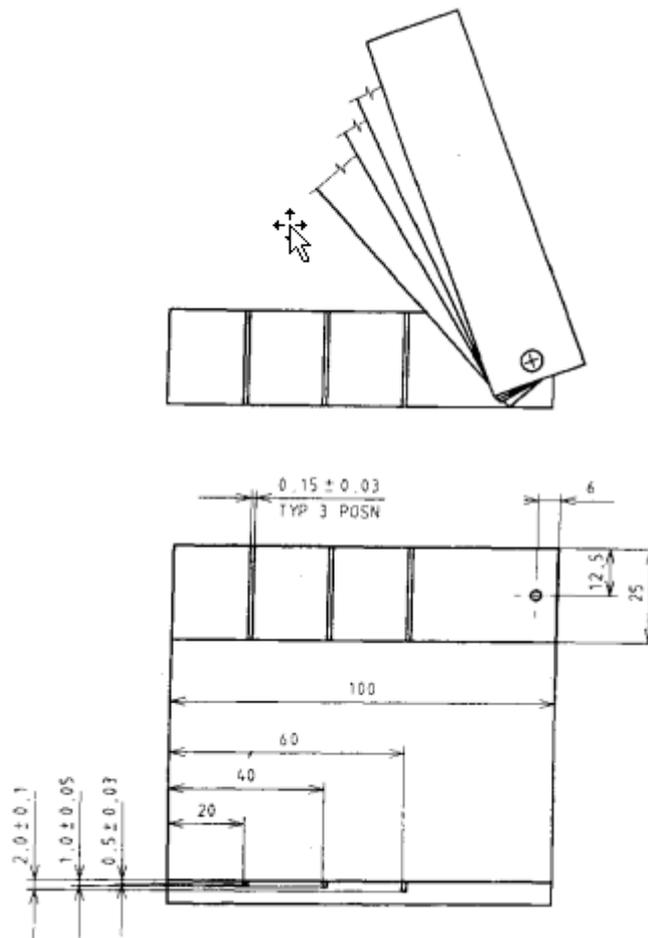


图2 典型的标定试块

#### 6.4.3.2 非导电的便携条

应该使用已知厚度的非导电柔软带来模拟标定试块的涂层或真实涂层。建议用多个0.5mm厚的非导电柔软带。

#### 6.4.3.3 探头延长线

只有在保证整个系统的功能、灵敏度和分辨维持不变的情况下，才可以在探头和仪器之间使用延长线。

#### 6.4.3.4 远距离显示和控制

对于长扩展线运行，设备应包括一个可放于操作者位置的远距离显示器。

### 6.4.4 设备的系统维护

#### 6.4.4.1 标定证书

整套设备应有制造商或它们的官方代理机构签发的最近的、有效的标定证书。至少每标定一次。

#### 6.4.4.2 功能检查

设备应定期进行功能检查和调整。这包括从设备的外部可以进行的测量或调整。这些调整只是防止装置的错误或局部的损坏。维护应按照既定程序进行。维护结果应予记录。

### 6.5 检验程序

#### 6.5.1 运用标定试块测量涂层厚度和材料比的较程序

焊缝表面没有机加工时，涂在它表面上的涂层厚度是不恒定的。由于它影响了裂纹检出灵敏度，所以在检测焊缝之前，必须得到焊缝热影响区内最大涂层厚的估计。从试验工件上获取的提离信号应该相似于从标定试块上获取的提离信号，即，落在参考信号的两侧，应不超过  $5^\circ$  (看图 1 和图 2)。若超过此范围，应产生/加工另一更代表试验工件材料的标定试块。

#### 6.5.2 焊缝检验程序

##### 6.5.2.1 频率

频率应根据灵敏度,提离和其它不需要的信号来决定。在一般用条件下，建议使用约 100KHZ 的频率。

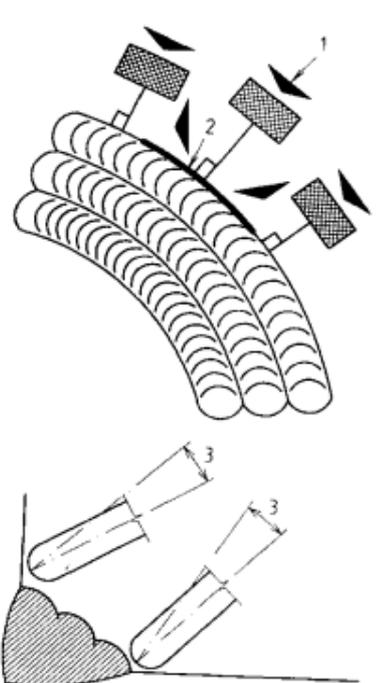
##### 6.5.2.2 校准

用探头通过标定试块中刻槽的方法进行探头的标定。用等同于或大于工件上的已测的涂层厚度的非电导柔软带覆盖刻槽进行标定。

调整灵敏度，使通过依次加深的刻槽得到的信号也不断加深。1mm 深刻槽产生的信号幅度应该达到全屏的 80%。其后调整灵敏度对工件几何形状进行补偿。至少在开始检验和结束检验应对仪器进行标定，在工作条件发生变化之后，也应进行标定。每次标定应被记录。每次标定完成时，建议把平衡调回显示的中心。

##### 6.5.2.3 扫描检查

焊缝和热影响区应该用选定的探头进行扫描检查。若被检工件的几何条件允许，探头应做垂直于估计主要缺陷方向的扫描检查。若缺陷取向不知，或估计缺陷取向在不同的方向，则应做 2 个方向的扫描检查，一个垂直于另一个。整个检查可分为 2 部分：热影响区（看图 3，4，5）和焊缝表面（看图 6，7）。应该指出的是，检查结果的可靠性高度依赖于线圈相对于被检表面的取向。所以必须确保探头随着热影响区变化的表面条件，始终保持最优的检测角度。对于差分探头，缺陷相对于线圈的取向性也影响灵敏度。因此也要在检查过程中小心控制好探头对缺陷的取向。



关键点

- 1 探头方向
- 2 缺陷
- 3 满足变化表面条件的

图 3 焊缝材料和热影响区的检查

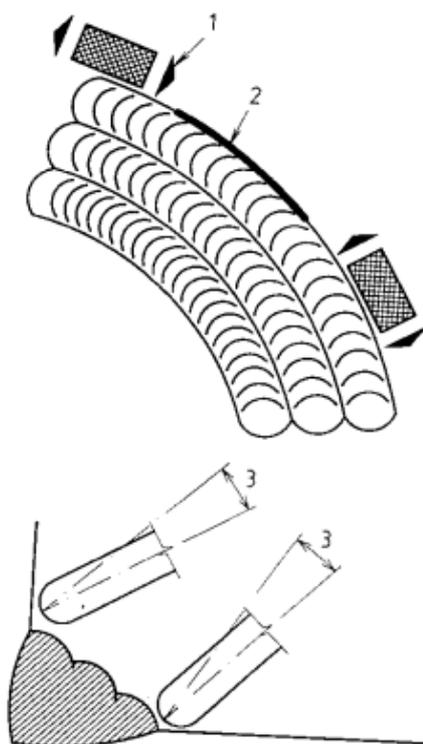


图 4 在焊缝边的单次扫描检查

关键点

- 1 探头方向
- 2 缺陷

### 3 满足变化表面条件的

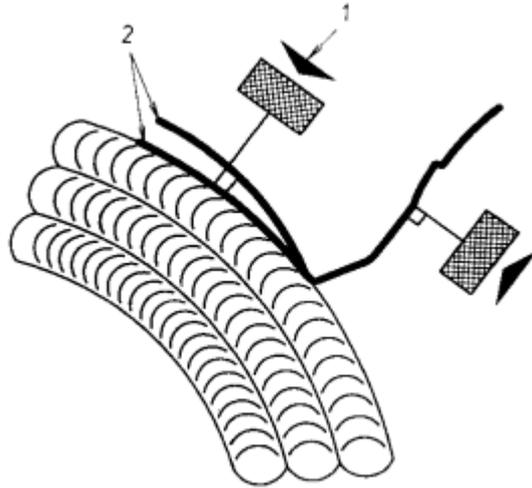


图 5 热影响区的补充扫描

#### 关键点

- 1 探头方向
- 2 缺陷

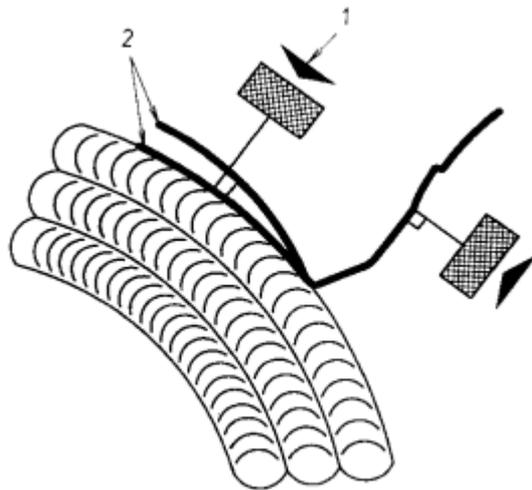


图 6 焊缝顶部检查的扫描程序

#### 关键点

- 1 横过焊缝帽的信号包络线
- 1, 2, 3 探头的不同位置

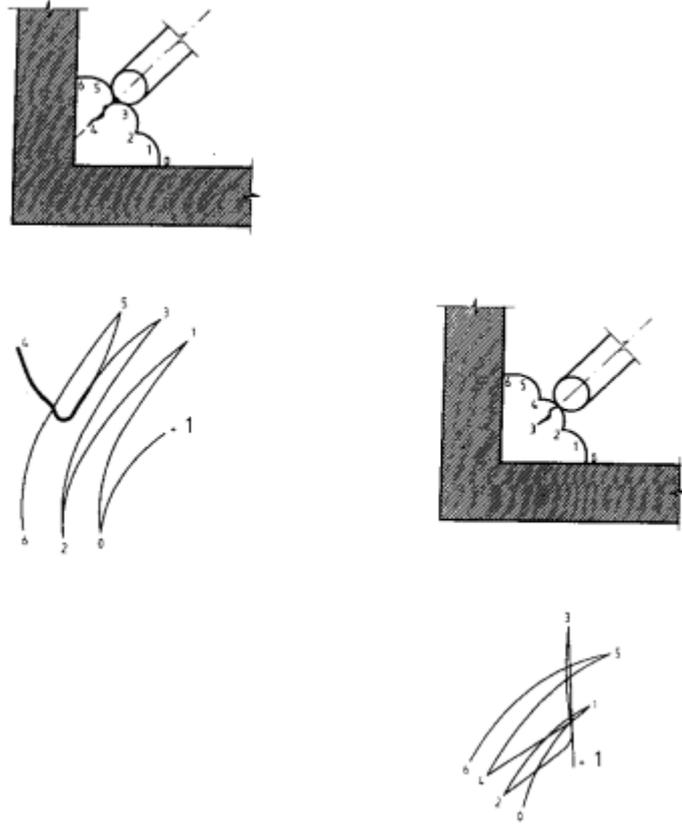


图 7 焊缝帽检查之际产生的典型缺陷信号

关键点

1 平衡点

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 探头的不同位置

### 6.6 检测缺陷的能力

由于这种方法的检出能力与许多因素有关，因此应用涡流方法检验焊缝工件的现有知识，还不允许准确标准的建议。标准应该建立，如 EN12062 中所定义。考虑影响缺陷探测可靠性的限制因素，下面是一些推荐建议。

a) 标定试块的材料

标定试块的材料应与被检工件的材料相近（6.5.1）。

b) 导电的涂层

导电涂层减小检验灵敏度。涂层的最大厚度应该减小，并根据导电率而定。

c) 非电导的涂层

非电导的涂层减小检验灵敏度，它取决于探头与被检工件的距离。

d) 工件的几何尺寸

工件的形状和探头与被检区域的接触减少检测灵敏度。复杂的焊缝几何形状，诸如交叉型和角接型焊缝结构，应该作相对复杂的几何形状和缺陷可能的取向的检

查。

e) 线圈相对于缺陷的取向

1) 倾斜

应保持线圈与被检区域的最佳角度。

2) 定向的涡流

产生的涡流是定向的，因此应保证线圈垂直于或平行于估计被检出缺陷的位置。

f) 缺陷的最小尺寸

在焊缝竣工条件下，涡流能够检测出铁磁性钢中的最小缺陷为：深 1mm×5mm 长。

一个推荐的作涡流检查的流程图是在图 8.中。

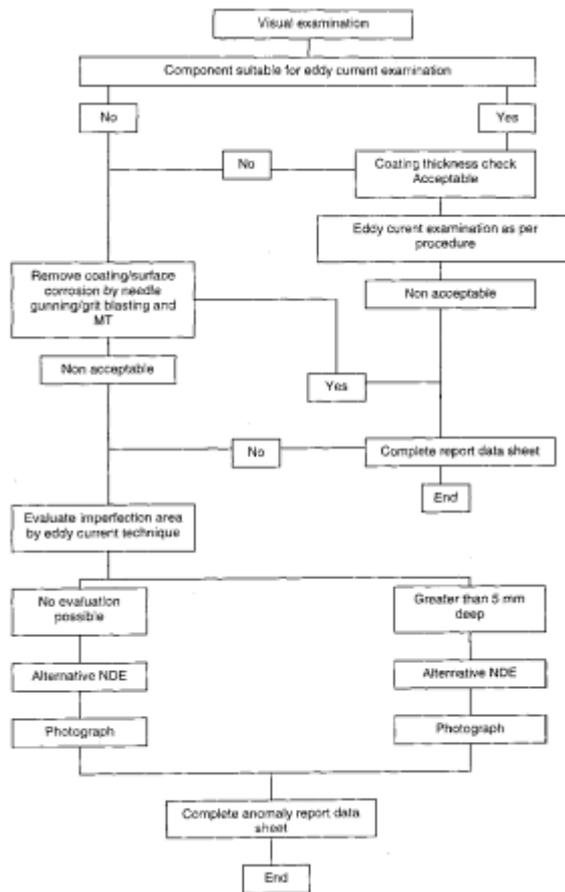


图 8

### 6.7 不可接受的缺陷信号的评估

不可接受的缺陷信号定义为一块区域，它显示出不同于从试验工件中估计的一种异常信号。只要出现不可接受的缺陷信号（看图 9），该区域应做进一步调查。纵向的扫描检查应进行，并注明不可接受的缺陷信号长度（看图 4）。只要可能，应该位沿着不可

接受的缺陷信号长度进行单向扫描检查。应注明不可接受的缺陷信号的最大幅度（看图10）。如果还需进一步澄清，或当不可接受的缺陷除去应当验证的时候，建议采用其他 NDT 方法，如磁粉试验（MT）或渗透试验（PT）作补充检查。与 MT（EN1291）或 PT（EN1289）相关的验收标准 EN25817 和 EN30042 适用。不可能由涡流检测得到深度的注明不可接受的缺陷信号的地方，其它的 NDT 方法，如采用超声和/或交流电电位差技术来确定缺陷的深度和取向。当一个缺陷信号被定为不可接受的缺陷信号和涡流方法评估它的深度超过 5mm 时，超声和/或交流电位降落技术应采用来进一步地检查此区域，以确定缺陷全部范围和取向。

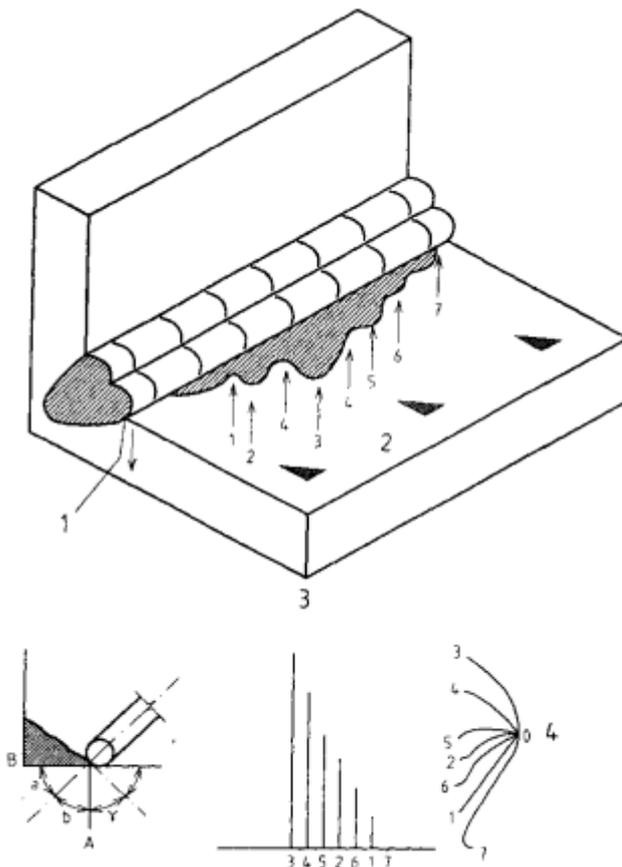
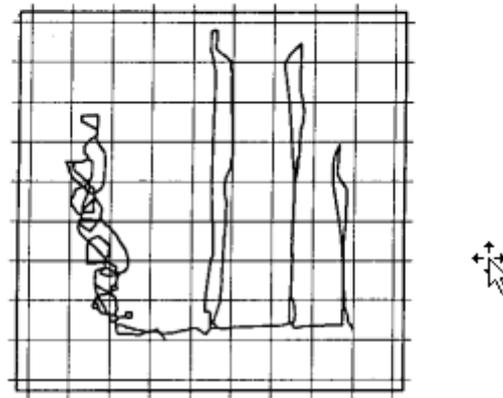
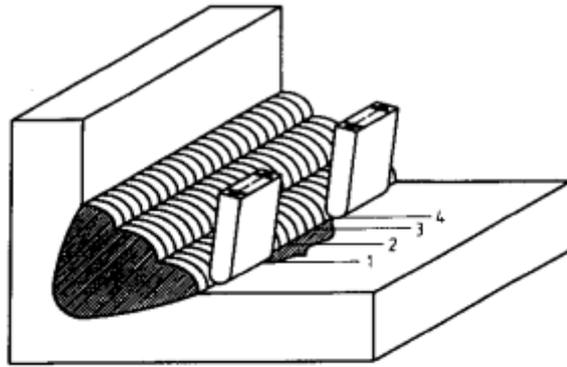


图 9 通过壁缺陷的典型响应

关键点

- 1 取向
- 2 扫查方向
- 3 缺陷 A
- 3 平衡
- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 探头的不同位置



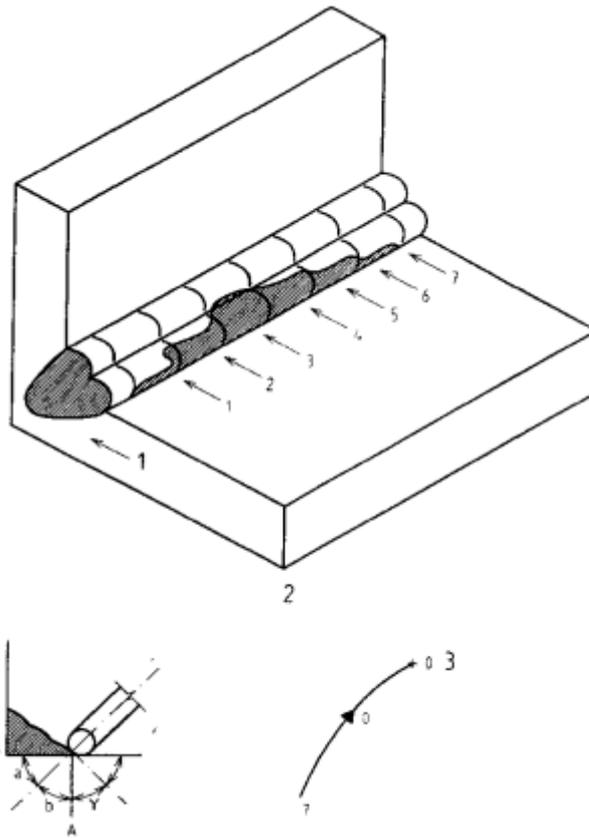
1

关键点

1, 2, 3, 4 探头的不同位置

1 缺陷

图 10 探头纵向扫查检测的疲劳和欠溶合缺陷的典型响应



#### 关键点

- 1 取向
- 2 取向
- 3 平衡
- 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 探头的不同位置

图 11 部分穿透缺陷的典型响应

### 6.8 其他材料的焊缝检验程序

如前所述，涡流方法可以用于其它金属构件材料的焊缝检测，如铝和不锈钢。这些焊缝的检测程序一般包括 6.5.2 条款中的同样内容，但频率，探头标定试块和扫描检查模式的选择应根据实际材料进行优化，并且可以与在铁磁材料中建议的有明显区别。因此，检验程序应根据实际经验结合适合的仪器，探头和标定试块进行制订，并且应在一个特别的程序中详细化。每一种情况的限制性因数应清楚地定义。

### 7. 检验报告

在进行涡流检验之前，检验报告的内容应根据 prEN12084:1995 中的指导进行制订。

检验报告应至少包括下列内容：

- (1)检测公司的名称（如果有关）
- (2)工件标识
- (3)材料

- (4)热处理状态
- (5)连接形式
- (6)材料厚度
- (7)焊接过程
- (8)程序号
- (9)验收标准
- (10)表面准备
- (11)检验范围与参考的相关图纸
- (12)标定试块记述
- (13)检验设备
- (14)检验条件（频率，灵敏度和相位）
- (15)标定报告
- (16)超过验收标准的**不可接受的缺陷信号**的描述和位置（即，画草图和拍照片）
- (17)检验的结果
- (18)检验者姓名及检查日期
- (19)用户签名或相关发证当局签名（如果有关）

## 附件 ZA

（信息提供）

### 制定基本要求的欧洲标准的条款或 EU 指令的其它规定

欧洲委员会和欧洲自由贸易协会授权给 CEN 准备了欧洲标准，该标准支持 1997 年五月二十九日的欧洲议会和参议会的 EU97/23/EEC 文件的基本的要求，该文件接近于成员国关于压力容器设备的法律

警告：其它的要求和其它的 EU 指令在本标准的范围内适用

如在表 ZA.1 中详细的本标准的以下条款可能支持指令 97/23/EEC 的要求

借助于符合与关于和相连的 EFTA 管理规定的指令的基本要求从而使本标准的这些条款得到遵守

**表 ZA.1 在欧洲标准和指令 97/23/EEC 间对照**

欧洲标准的条款和子条款	指令 97/23/EEC 的基本要求	定性注释
所有的	附件 1§3.1.3	非破坏性试验

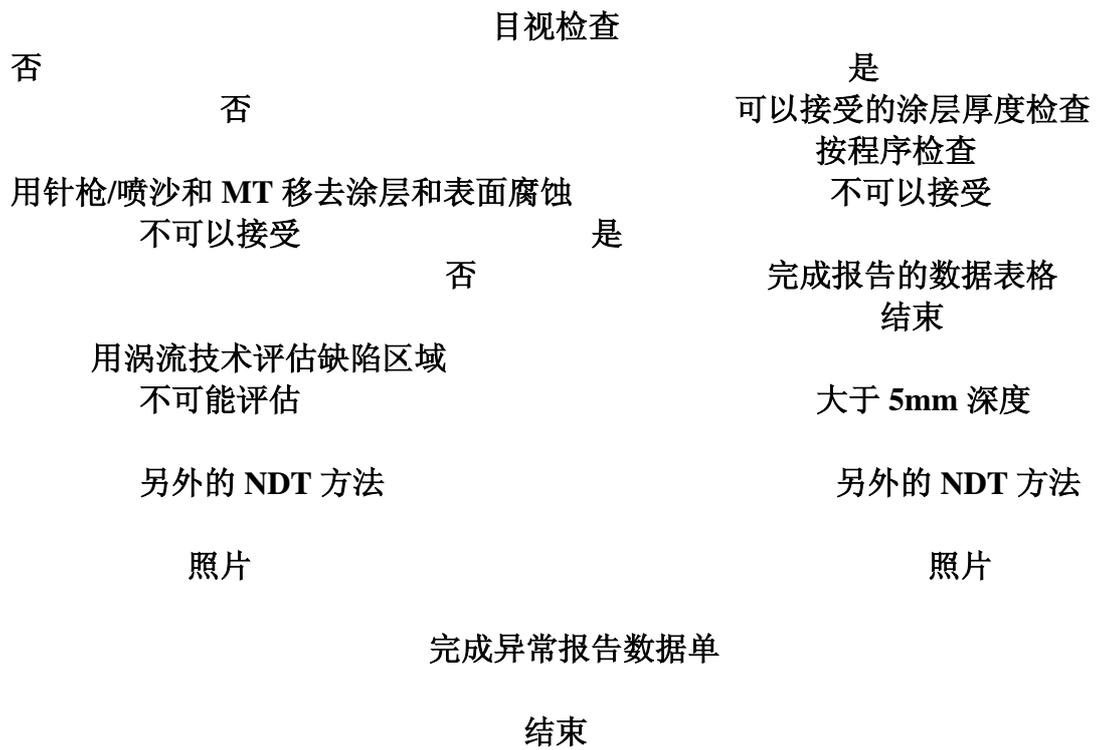


图 8 推荐的涡流检查流程图