



中华人民共和国国家标准

GB/T 5248—2016
代替 GB/T 5248—2008

铜及铜合金无缝管涡流探伤方法

Electromagnetic(eddy-current)examination of
copper and copper alloy seamless tube

2016-08-29 发布

2017-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

同方知网(北京)技术有限公司 专用

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
铜及铜合金无缝管涡流探伤方法
GB/T 5248—2016

※

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2016年10月第一版

※

书号: 155066 • 1-54336

版权专有 侵权必究

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 5248—2008《铜及铜合金无缝管涡流探伤方法》。与 GB/T 5248—2008 相比,主要技术变化如下:

- 引入“标准渗透深度”的定义及其计算式,增加附录 D,删除“壁厚 0.20 mm~6.0 mm”的规范;
- 删除平底孔作为标准人工缺陷的规定;
- 增加了光管和内螺纹管的探伤规格及其对应的标准人工缺陷孔伤、纵向 U 型槽的尺寸;
- 增加了在线检测标准人工缺陷的样管及其制作图(见 5.6);
- 增加了旋转探伤手动检测性能指标(见 4.6.5 和表 3);
- 明确了在线检测:日常测试调整灵敏度(手动进行),定期测试评价性能以手动+自动(动态)进行。

本标准由中国有色金属工业协会提出。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC 243)归口。

本标准起草单位:中国有色金属工业无损检测中心、桂林漓佳金属有限责任公司、北京有色金属研究总院、中铝洛阳铜业有限公司、金龙精密铜管集团股份有限公司、江阴新华宏铜业有限公司、苏州龙骏无损检测设备有限公司、中色奥博特铜铝业有限公司、江西耐乐铜业有限公司。

本标准主要起草人:张光济、王跃明、奚国平、王晓岩、张伦兆、张博南、张瑛、李杨、姜东阁、陈华、王楠、王向东、刘爱奎、秦丽云、刘晋龙、罗奇梁、姜业欣、张西军。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

- GB/T 5248—1985、GB/T 5248—1998、GB/T 5248—2008。

同方知网(北京)技术有限公司 专用

铜及铜合金无缝管涡流探伤方法

1 范围

本标准规定了铜及铜合金无缝管进行穿过式和点式(旋转)涡流探伤的方法、对比试样、仪器设备、操作步骤和结果的评定。

本标准适用于外径为 $\phi 3\text{ mm} \sim \phi 160\text{ mm}$ 的直管和盘管表面及近表面缺陷的涡流探伤,探伤深度参照附录 D。其他规格的管材可参照执行。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

(铜管)在线涡流探伤法 on-line eddy current testing

利用电磁感应在线管表面和近表面产生涡流的原理,对生产过程中的管材进行整盘或整卷探伤的方法。

2.2

(铜管)离线涡流探伤方法 off-line eddy current testing

利用电磁感应在线管表面和近表面产生涡流的原理,对生产过程中的铜管单独设置探伤工序进行逐条或逐根探伤的方法。

2.3

信噪比 signal to noise ratio

在涡流探伤仪器输出端缺陷信号幅度与最大噪声信号幅度之比。

2.4

零电势 difference of induced-potential

检测线圈采用差动连接而在绕组之间形成的感应电压之差。检测线圈内有试件时为有载零电势。检测线圈内无试件时空载零电势。

2.5

穿过式涡流探伤方法 feed-through eddy current testing method

采用穿过式涡流检测线圈进行涡流探伤的方法。

2.6

点式涡流探伤方法 probe coil eddy current testing method

采用点式涡流检测线圈进行涡流探伤的方法。

2.7

标准渗透深度 standard depth of penetration

在涡流检测中,涡流密度降至试样表面涡流密度的 $1/e$ (约 37%) 时的深度称为标准渗透深度。涡

流在被检试件中标准渗透深度与被检材料电导率、检测频率和磁导率有关,其计算见式(1):

$$\delta = 503.3 \sqrt{\rho / \mu_r f} = \frac{503.3}{\sqrt{\mu_r \cdot \sigma \cdot f}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

δ ——标准渗透深度,单位为毫米(mm);

ρ ——被检试样的电阻系数,单位为欧姆平方毫米每米($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$);

σ ——被检试样的导电率,单位为米每欧姆平方毫米 $[\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)]$;

f ——检测频率,单位为赫兹(Hz);

μ_r ——被检试样的相对磁导率,对于非铁磁性材料, μ_r 近为 1,无量纲。

注: 改写 GB/T 12604.6—2008,定义 2.11。

2.8

激励频率 excitation frequency

激励电流的标称频率。

[GB/T 12604.6—2008,定义 2.16]

2.9

探头 probe

包含激励和接收单元的涡流传感器。

[GB/T 12604.6—2008,定义 4.1]

2.10

检测线圈填充系数 coil fill factor

对于外穿过式线圈,等于被检件外径横截面积与线圈内径横截面积之比。对于内穿过式线圈,等于线圈外径横截面积与被检件横截面积之比。

[GB/T 12604.6—2008,定义 4.51]

2.11

端部效应 end effect

当检测线圈处于铜管端部时,由于涡流流动路径发生畸变所产生的干扰信号。

注: 改写 GB/T 12604.6—2008,定义 6.27。

2.12

幅度分析 amplitude analysis

对信号幅度进行评价的技术。

[GB/T 12604.6—2008,定义 7.1]

2.13

相位分析 phase analysis

对涡流检测信号的相位角实施测量和分析的技术。

[GB/T 12604.6—2008,定义 7.3]

2.14

调制分析 modulation analysis

对检波后的涡流信号进行频率分析的技术。

[GB/T 12604.6—2008,定义 7.5]

2.15

磁饱和 magnetic saturation

对试件的被检区域进行饱和磁化,从而抑制因试件磁导率不均匀而产生的噪声。

2.16

旋转式涡流探伤方法 rotating probe coil eddy current testing

采用旋转涡流点探头环绕铜管高速旋转进行涡流检测的方法。

2.17

旋转通道最大漏检缺陷 missed maximum defect of rotating probe coil

采用旋转式涡流探伤过程中,旋转头扫描的有效速度小于铜管探伤速度时,可能漏检的最大缺陷。

计算见式(2):

$$L = (V - N \cdot S \cdot B) / S + B \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

L ——漏检最大缺陷长度,单位为毫米(mm);

V ——探伤速度,单位为毫米每分(mm/min);

B ——探头扫描宽度,单位为毫米(mm);

S ——旋转头速度,单位为转每分(r/min);

N ——旋转头通道数。

2.18

组合式涡流探伤方法 combined eddy current testing

采用穿过式和旋转式及其他方式检测多通道组合进行检测的方法。

3 原理和方法概述

3.1 当带有交变磁场的检测线圈在接近被检管材时,在管材表面和近表面产生涡电流及相应的涡流磁场,涡流磁场的作用是削弱和抵消激励磁场,削弱和抵消的程度取决于被检管材的物理性能,管材中存在的缺陷会改变这些作用,引起检测线圈的阻抗变化,通过仪器的信号处理,能评价被检管材是否存在缺陷。

3.2 管材的涡流探伤通常是让被检管材沿其长度方向穿过一个或几个使用同一激励频率的检测线圈绕组来进行,其测量线圈绕组的阻抗因管材的规格、电导率、磁导率以及管材中破坏金属连续性的冶金或机械加工缺陷的变化而变化。当管材通过检测线圈时,管材的这些变量所引起的电磁感应的变化而产生的信号,经过仪器的相位分析,调制分析等信号处理,通过声、光报警、标记、打印等装置作出记录。

3.3 涡流探伤是导电材料的一种无损检测方法。涡流探伤的灵敏度是以标准样管上人工缺陷当量的大小来衡量的,但人工缺陷的尺寸不应解释为涡流探伤可以检测到缺陷的最小尺寸。探伤灵敏度与涡流密度有关,而涡流密度在管壁内部随着距管材表面距离的增加而呈指数曲线下降,所以探伤灵敏度也随管材壁厚方向由外向内下降。内插式探伤涡流密度的变化规律与外穿式相反。

3.4 本方法得到的某些信号可能与产品的质量无关,例如,对产品使用无影响的凹痕和工夹具痕迹所产生的信号。任何超过报警电平的报警信号,均按报警处理。

3.5 在涡流探伤方法中,当管材的端部通过检测线圈时,会有端部效应,存在端部不可检测区(即盲区)。离线检测端部盲区 ≤ 100 mm。

3.6 对于管材连续而缓慢变化的纵向缺陷,用穿过自比差动式线圈检测,其信号可能总是达不到报警电平,用旋转点探头可以检测,标准人工缺陷为纵向 U 型槽。

3.7 含有磁性材料的管材,因其所固有的磁导率呈不均匀性,可能导致检测结果的不确切。通常可以采用饱和磁化技术加以消除。

3.8 铜管材涡流探伤应在传动装置上自动进行,如需采用手动涡流探伤,可由供需双方协商确定。

4 仪器和设备

4.1 涡流探伤系统

涡流探伤系统主要包括涡流探伤仪器、检测线圈和传动装置。还可包括检测线圈机座,电气控制系统,若有需要可加装饱和磁化装置等。

4.2 涡流探伤仪器

4.2.1 涡流探伤仪器应具有激励、放大、信号处理(包括相位分析、调制分析等)、信号显示、声、光报警、端部信号消除、分选、标记、打印信号输出等单元或功能。探伤仪应具有良好的稳定性和抗干扰能力。

4.2.2 激励信号的输出频率应与仪器所显示的频率相一致,偏差不得超过 $\pm 5\%$ 。

4.2.3 信号显示可以是阻抗平面的矢量显示,也可以是单向或双向幅度显示。

4.2.4 增益器(或衰减器)对于相应的标准人工缺陷而言,应有足够的余量,不小于 10 dB。

4.3 检测线圈

穿过式检测线圈一般由单个或多组测量线圈和激励线圈构成的差动式线圈组成,以单一频率激励。检测线圈的内径与被检管材外径匹配,其填充系数不小于 0.56。点式线圈探头可采用绝对式、差动式等方式连接,应与仪器有良好的匹配,采用铜管匀速直线运动和线圈相对匀速旋转运动的方式进行检测。点式线圈探头与探伤仪配合,应有间隙补偿功能,以便克服由提离效应引起的检测误差。

4.4 传动装置

4.4.1 传动装置主要包括进、出料架、拨料装置、传动辊道、导向装置、驱动压轮、成品分选等部分。各机构的动作应平稳,并且在最小振动条件下同心地使被检管材通过检测线圈。

4.4.2 传动装置应能可靠、平稳地传送被检管材,保持传送速度的平稳。如采用对速度敏感的涡流探伤仪器,传送速度的波动范围应不大于 $\pm 5\%$ 。

4.4.3 铜管在线检测应配有收放线装置,并且收放线装置有可靠的同心度,能确保工件同心地通过探头,并要安装打标或剪切装置。

4.5 磁饱和装置

饱和磁化装置应能在管材的被检区域使管材磁化饱和能力,能消除其磁导率不均匀所引起的干扰信号。

4.6 综合性能指标

4.6.1 涡流探伤设备在实际探伤过程中,不允许对被检管材造成机械损伤。

4.6.2 涡流探伤仪器与装置应定期检测。

4.6.3 涡流探伤系统的综合性能指标(离线检测)应符合表 1 的规定,各指标测试方法按附录 A 进行。

表 1 穿过式离线涡流探伤系统的综合性能指标

周向灵敏度差 Z	信噪比 (S/N)	端部不可检测 (盲区)	人工缺陷 大小分辨力 γ	人工缺陷 漏报率 K_1	误报率 K_2	长时间 稳定性
≤ 3 dB	≥ 10 dB	≤ 100 mm	≤ 0.2 mm	$\leq 1\%$	$\leq 3\%$	灵敏度 dB 值波动 ≤ 2 dB

4.6.4 涡流探伤系统的综合性能指标(在线检测)应符合表 2 的规定,各指标测试方法按附录 B 进行。

表 2 穿过式在线涡流探伤系统的综合性能指标

手动检测							自动检测				
周向灵敏度差 Z	信噪比 (S/N)	人工缺陷大小分辨力 γ	长时间稳定性	检测能力(确保信噪比)	人工缺陷误报率 K ₂	人工缺陷漏报率 K ₁	人工缺陷误报率 K ₂	人工缺陷漏报率 K ₁	最大漏检管材长度	打标对应与覆盖	检测能力确保信噪比
≤3 dB	≥10 dB	≤0.2 mm	灵敏度波动值 ≤2 dB	能否检 φ0.3 孔伤	≤3%	≤1%	≤3%	≤1%	≤20 mm	色带应覆盖伤点	能否检 φ0.3 孔伤

4.6.5 涡流旋转探伤手动检测性能指标,应符合表 3 的规定,各指标检测方法按附录 B 进行。

表 3 旋转探伤手动检测性能指标

周向灵敏度差 Z	信噪比(S/N)	人工缺陷漏报率 K ₁	误报率 K ₂	长时间稳定性
≤3 dB	≥10 dB	≤1%	≤3%	灵敏度 dB 值波动≤2 dB

5 标准人工缺陷样管

5.1 标准人工缺陷样管是经加工有标准人工缺陷的管材,用于调节探伤灵敏度,测试探伤系统的综合性能,是产品用涡流探伤的方法进行检验的对比标样。

5.2 标准人工缺陷样管应是与被检管材的牌号、规格、热处理状态相同,并且无自然缺陷的低噪声管材。

5.3 标准人工缺陷为垂直于管壁的圆形通孔和纵向 U 型槽。

5.4 标准人工缺陷样管的通孔孔径、纵向 U 型槽尺寸与被检管材的外径和壁厚的对应关系见表 4、表 5、表 6、表 7。标准人工缺陷样管不能有加工毛刺和管壁的加工变形,圆形通孔的孔径和纵向 U 型槽的深度和宽度偏差应不大于±0.02 mm,长度允许偏差±0.1 mm(可根据需方要求提供更高精度要求)。

表 4 光管标准人工缺陷孔径尺寸 单位为毫米

管材外径	管材壁厚	标准人工缺陷孔径
3.00~6.00	<0.4	0.30
	≥0.4	0.40
>6.00~10.00	<0.4	0.50
	≥0.4	0.60
>10.00~16.00	<0.5	0.60
	≥0.5	0.70
>16.00~20.00	<0.5	0.70
	≥0.5	0.80

表 4 (续)

单位为毫米

管材外径	管材壁厚	标准人工缺陷孔径
>20.00~30.00	<1.0	0.90
	≥1.0	1.00
>30.00~40.00	—	1.10
>40.00~50.00	—	1.20
>50.00~60.00	—	1.30
>60.00~80.00	—	1.40
>80.00~100.00	—	1.50
>100.00~130.00	—	1.70
>130.00~160.00	—	1.80

表 5 内螺纹管标准人工缺陷孔径尺寸

单位为毫米

管材外径	标准人工缺陷孔径
3.00~9.00	0.3
>9.00~12.00	0.4
>12.00~16.00	0.5

表 6 标准人工缺陷纵向 U 型槽尺寸(内螺纹管)

单位为毫米

管材外径	管材壁厚	纵向 U 型槽($D \times W \times L$)		
		深度 D	宽度 W	长度 L
≤3.00	<0.25	0.03	0.05	20
>3.00~5.00	<0.25	0.03	0.05	
>5.00~7.00	<0.25	0.04	0.10	
>7.00~8.00	<0.27	0.04	0.10	
>8.00~9.00	<0.27	0.05	0.10	
>9.00~10.00	<0.28	0.06	0.10	
	<0.30	0.07	0.10	
>10.00~12.00	<0.30	0.07	0.10	
>12.00~15.00	>0.40	0.09	0.10	
>15.00~16.00	>0.50	0.10	0.10	
>16.00~18.00	>0.50	0.10	0.10	

表 7 标准人工缺陷纵向 U 型槽尺寸(光管)

单位为毫米

管材外径	管材壁厚	纵向 U 型槽($D \times W \times L$)		
		深度 D	宽度 W	长度 L
$<3.00 \sim 5.00$	<0.40	0.03	0.05	20
$>5.00 \sim 7.00$	<0.60	0.04	0.05	
$>7.00 \sim 8.00$	<0.60	0.05	0.10	
$>8.00 \sim 9.00$	<0.80	0.06	0.10	
$>9.00 \sim 11.00$	<0.80	0.07	0.10	
$>11.00 \sim 13.00$	<1.00	0.08	0.10	
$>13.00 \sim 16.00$	<1.00	0.09	0.10	
$>16.00 \sim 21.00$	<1.00	0.10	0.10	
$>21.00 \sim 24.00$	<1.10	0.11	0.10	
$>24.00 \sim 27.00$	<1.10	0.12	0.15	
$>27.00 \sim 33.00$	<1.30	0.13	0.15	
$>33.00 \sim 38.00$	<1.30	0.15	0.20	
>38.00	<1.70	0.16	0.20	

5.5 离线检测的标准人工缺陷样管长度应大于 2 000 mm,直度不大于 1.5 mm/m,轴向 5 个相同通孔,其中,2 个通孔分别距离管端 100 mm,中间 3 个通孔之间的距离为 500 mm,并沿圆周方向相隔 120°分布。可按照图 1a)或图 1b)、图 1c)、图 1d)进行制作。

单位为毫米

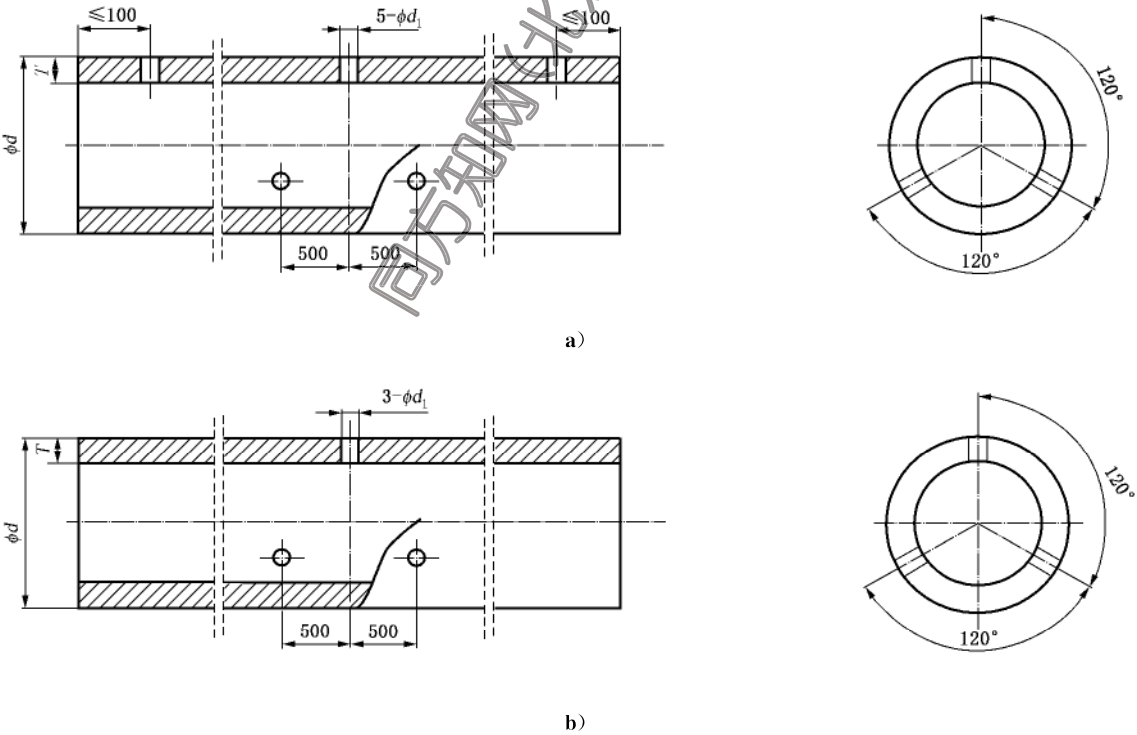
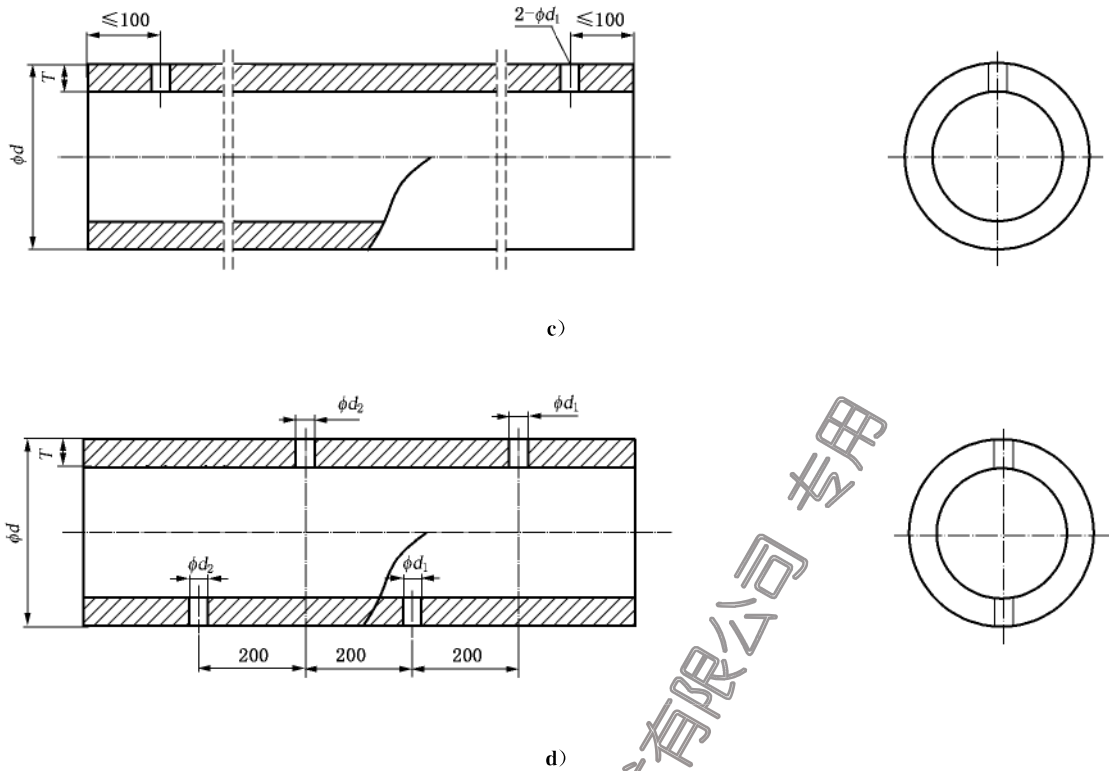


图 1 标准人工缺陷样管图(离线)

单位为毫米



说明：
 d_1 ——标准人工缺陷孔径；
 d_2 ——等于 $d_1-0.2$ ；
 d ——管材外径；
 T ——管材壁厚。

图 1 (续)

5.6 在线检测的标准人工缺陷样管，长度为 500 mm~800 mm，直度不大于 1.5 mm/m，3 个通孔或刻 3 个纵向 U 型槽，周向 120°。可按照图 2a)、图 2b)、图 2c) 进行制作。其中图 2c) 供测大小分辨力。

单位为毫米

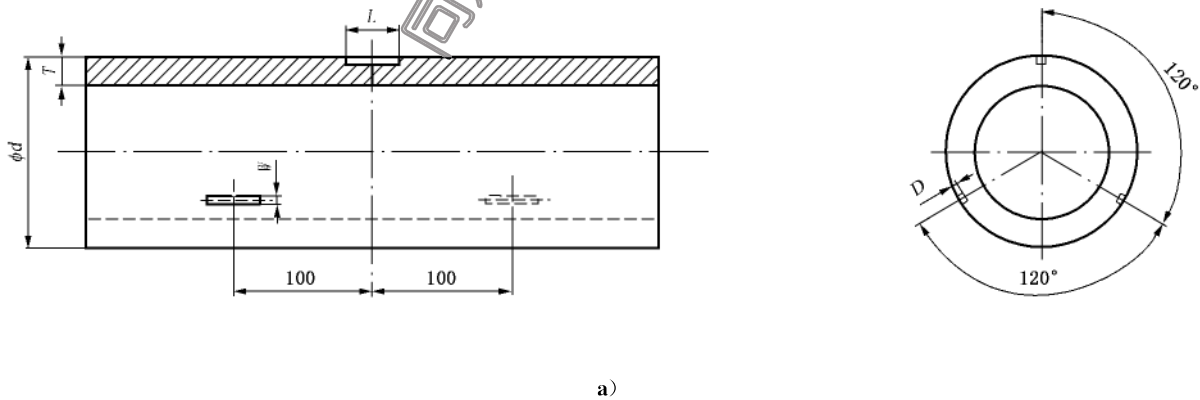
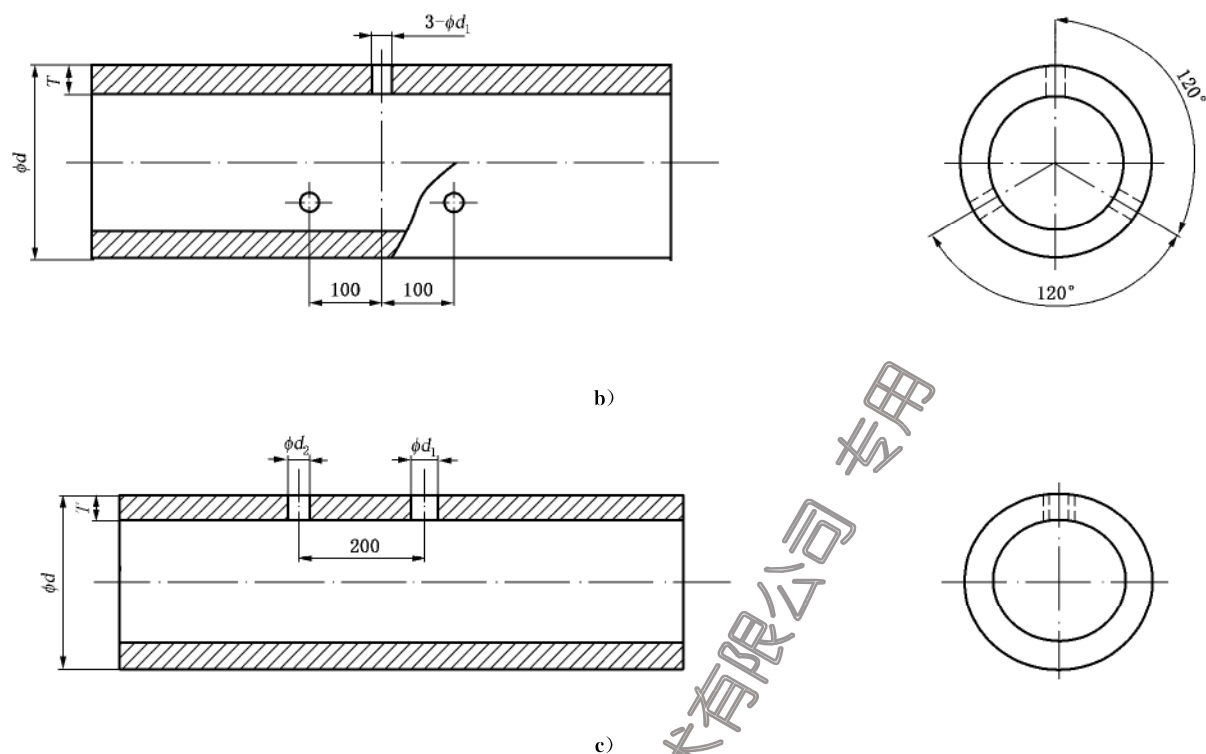


图 2 标准人工缺陷样管图(在线)

单位为毫米



说明:

 d_1 ——标准人工缺陷孔径; d_2 ——等于 $d_1 - 0.2$; d ——管材外径; T ——管材壁厚; D 、 W 、 L ——分别为纵向 U 型槽槽深、槽宽、槽长。

图 2 (续)

5.7 标准人工缺陷样管如产生非标准人工缺陷所产生的信号,应予更换。

5.8 如需采用其他形状或尺寸的标准人工缺陷,可由供需双方协商确定。

6 探伤步骤

6.1 离线检测

6.1.1 管材在进行涡流探伤之前应进行外观尺寸和表面质量的检查。

6.1.2 涡流探伤仪器和设备应在预热稳定后,方可进行调试、探伤。

6.1.3 根据被检管材,选择同牌号、同状态、同规格的标准人工缺陷样管。

6.1.4 选择合适的检测线圈和导套,并加以安装固定。

6.1.5 调整探头与被检管材的同心度。

6.1.6 调整仪器的参数,选择合适的频率、相位、滤波,确定灵敏度(即增益):

a) 确认探伤灵敏度时,连续走 5 次,使 5 个标准人工缺陷刚好报警;

b) 确认探伤灵敏度时,中间 3 个标准人工缺陷的周向灵敏度差不大于 3 dB,信噪比不小于 10 dB。

6.1.7 正常探伤,在确定灵敏度的基础上,再提高 2 dB 作为检测灵敏度,方可对管材进行涡流探伤。

6.1.8 含磁材料应用穿过式探伤时,可以采用磁化装置,使其被检区域达到磁饱和,以消除磁导率不均匀的影响。

6.1.9 每隔 2 h~4 h 应对 6.1.6b)调整的仪器参数进行校验。若发现灵敏度的波动值大于 2 dB 时,应对上一次至本次检测之间的管材进行复检。

6.2 在线检测

6.2.1 手动确定仪器参数,用长度为 500 mm~800 mm 制作有中间 3 伤,周向 120°的人工标准样管,参照离线检测的步骤进行。

6.2.2 正常探伤时,在确定的灵敏度基础上再提高 2 dB,同时在开启缠绕机前还要开启打标装置(或剪切装置)。

7 探伤结果的评定

7.1 没有报警信号的管材均为涡流探伤合格。

7.2 对于直管,有报警信号的均为涡流探伤不合格。如对缺陷信号有疑问,应进行复探(注意区分盲区信号)。

7.3 对于盘管,有缺陷报警信号的部位均为涡流探伤不合格,可通过打标装置直接在管材上打印标记或进行剪切,标记长度由供需双方协商确定,伤点应在标记范围内,并做好缺陷数量的记录。

8 涡流探伤人员的资格

涡流探伤人员应经过专业培训、考核,持证上岗。操作工应具有Ⅰ级及其以上技术资格,出具探伤报告人员应具有涡流探伤Ⅱ级及其以上技术资格,仲裁人员应具有Ⅲ级资格证书。

9 涡流探伤报告

涡流探伤报告应包括以下内容:

- a) 管材生产厂家,委托单位;
- b) 被检管材牌号、规格、状态、批号等;
- c) 涡流探伤仪器名称,型号,检测线圈规格,探伤时主要参数(包括激励频率、相位、滤波、增益等),传动装置型号、编号;如果是组合式探伤,应分别注明;
- d) 探伤速度;
- e) 验收标准:使用标准人工缺陷样管的编号、伤型和尺寸;
- f) 实际探伤数量,合格量 and 不合格量;
- g) 如果采用旋转式+穿过式探伤方法,探伤报告应增加旋转头扫描宽度、旋转头速度、旋转头通道数等;
- h) 如使用饱和磁化装置,还应记录:磁化电流、磁化电压、剩磁检测值;
- i) 涡流探伤标准编号(方法与产品标准);
- j) 探伤人员及其签章,并注明资格级别;
- k) 探伤日期。

附录 A

(规范性附录)

铜及铜合金无缝管涡流自动探伤设备离线检测综合性能测试方法

A.1 范围

本附录规定了离线检测铜及铜合金无缝管涡流自动探伤设备综合性能的测试条件、方法和测试项目,以及应达到的最低性能指标。

A.2 测试条件

A.2.1 涡流探伤仪器和设备应符合第 4 章的规定。

A.2.2 测试时,应在 50 m/min~80 m/min 的探伤速度下进行。应如实记录激励频率、增益、相位、滤波、探伤速度、管材直径、检测线圈内径等参数。如采用饱和磁化,还应记录磁化电流、磁化电压、剩磁检测值。

A.3 标准人工缺陷样管

A.3.1 标准人工缺陷样管的制作应符合第 5 章的规定。

A.3.2 测试用标准人工缺陷样管的外径应根据被测试设备常用产品的种类,以及该设备所能检测管材外径尺寸的上限规格制作。

A.4 测试项目和方法

A.4.1 周向灵敏度差(Z)

调节探伤的灵敏度(增益值),使标准人工缺陷样管中间的 3 个人工缺陷刚好报警,并且连续行走 5 次都报警。记下此时的增益值 Z_1 。

调节探伤的灵敏度(增益值),使标准人工缺陷样管中间的 3 个人工缺陷刚好不报警,并且连续行走 5 次都不报警。记下此时的增益值 Z_2 ,见式(A.1)。

$$Z = Z_1 - Z_2 \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

Z ——周向灵敏度差,单位为分贝(dB);

Z_1 ——标准人工缺陷样管中间 3 个人工缺陷刚好报警的增益值,单位为分贝(dB);

Z_2 ——标准人工缺陷样管中间 3 个人工缺陷刚好不报警的增益值,单位为分贝(dB)。

A.4.2 信噪比(S/N)

调节探伤灵敏度(增益值),使噪声刚好报警,连续测试 5 次都报警。记下此时的增益值 Z_3 ,见式(A.2)。

$$S/N = Z_3 - Z_1 \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

S/N ——信噪比;

Z_1 ——标准人工缺陷样管中间 3 个人工缺陷刚好报警的增益值,单位为分贝(dB);

Z_3 ——噪声刚好报警的增益值,单位为分贝(dB)。

A.4.3 漏报率(K_1)

在 Z_1 的探伤灵敏度(增益值)的基础上提高灵敏度 2 dB,并且连续行走 50 次。记下漏报人工缺陷

的个数 N_1 ，见式(A.3)。

$$K_1 = [N_1 / (N_2 \times 50)] \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：
 K_1 ——漏报率；
 N_1 ——漏报人工缺陷的个数；
 N_2 ——标准人工缺陷样管中人工缺陷个数。

A.4.4 误报率(K_2)

在 Z_1 的探伤灵敏度(增益值)的基础上提高灵敏度 2 dB,并且连续行走 50 次。每次行走中,出现 1 次及 1 次以上的误报均记为误报 1 次。记下总的误报次数 N_3 ,见式(A.4)。

$$K_2 = (N_3 / 50) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：
 K_2 ——误报率；
 N_3 ——总误报次数。

A.4.5 端部不可检测区(盲区)

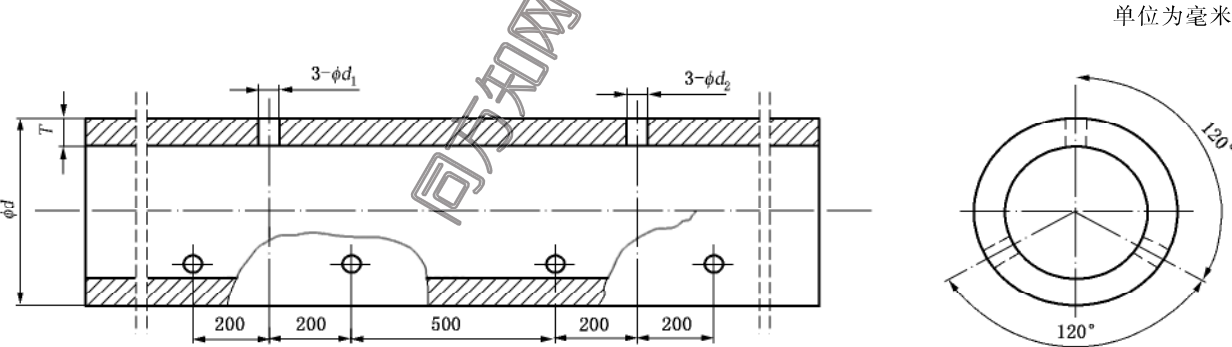
在 Z_1 的探伤灵敏度(增益值)的基础上提高灵敏度 2 dB,在管材的端部效应被切除的前提下,使得标准人工缺陷样管[见图 1a)]两端的 2 个人工缺陷都报警。连续行走 5 次。
两端的人工缺陷与管端之间的距离即为端部不可检测区的长度。

A.4.6 人工缺陷大小分辨力(γ)

按照图 A.1 制作样管。在相同的灵敏度(增益值)条件下,刚好报警的人工缺陷孔径与刚好不报警的人工缺陷孔径之间的差值即为人工缺陷大小分辨力。连续测试 5 次,见式(A.5)。

$$\gamma = d_1 - d_2 \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

式中：
 γ ——人工缺陷大小分辨力；
 d_1 ——刚好报警的人工缺陷孔径；
 d_2 ——刚好不报警的人工缺陷孔径。



说明：
 d_1 ——刚好报警的标准人工缺陷孔径；
 $d_2 = d_1 - 0.2 \text{ mm}$ ；
 d ——管材外径；
 T ——管材壁厚。

图 A.1 人工缺陷大小分辨力样管图

A.4.7 长时间稳定性

在探伤设备连续运行 2 h 之后,重新按照 A.4.1 和 A.4.2 分别测试周向灵敏度差和信噪比。连续测试 5 次,与 2 h 前相比,其波动值应不大于 2 dB,否则应按 A.4.1 和 A.4.2 重新确定探伤参数,方可进行探伤。

同方知网(北京)技术有限公司 专用

附 录 B
(规范性附录)

铜及铜合金无缝管涡流自动探伤设备在线检测的综合性能测试方法

B.1 范围

本附录规定了在线检测铜及铜合金无缝管涡流自动探伤设备综合性能(静态和动态性能)的测试条件、方法和测试项目,以及应达到的最低性能指标。

B.2 测试条件

B.2.1 涡流探伤仪器和设备应符合第4章的规定。

B.2.2 测试时分手动测试和动态测试(结合实际生产速度)两种测试方法。应如实记录激励频率、增益、相位、滤波、探伤速度、管材直径、检测线圈内径等参数。若采用饱和磁化,还应记录磁化电流、磁化电压、剩磁检测值。

B.3 标准人工缺陷样管

B.3.1 标准人工缺陷样管的制作应符合下列规定,手动测试使用按5.6制作的样管,如有必要进行动态测试可参照附录C的规定制作样管。

B.3.2 测试用标准人工缺陷样管的外径应根据被测试设备常用产品的种类,以及该设备所能检测管材外径尺寸的上限规格制作。

B.4 测试项目和方法

B.4.1 手动测试

B.4.1.1 周向灵敏度差、信噪比、人工缺陷大小分辨力、漏报、误报、长时间稳定性按照本标准附录A的规定进行。

B.4.1.2 检测能力,在确保信噪比条件下($S/N \geq 10$ dB),检测该仪器能否检 $\phi 0.3$ mm的通孔。

B.4.2 动态测试

B.4.2.1 误报率、漏报率、间距分辨力、打标对应、 $\phi 0.3$ mm通孔检测能力,一次性由长管通过在线装置后获得,认真核对仪器报警计数和控制箱报警计数。

B.4.2.2 动态测试后,利用测试样管,检查打标装置与报警装置的信号输出一致性,检查人工缺陷是否在色带范围内,还可进一步检查有无漏报、误报,有无自然伤。

附录 C

(资料性附录)

穿过式涡流探伤仪器与装置动态测试用长样管的制作与要求

C.1 范围

本附录规定了穿过式涡流探伤仪器与装置在线检测的动态测试时采用的长样管的制作与要求。

C.2 标准人工长样管的制作方法

C.2.1 低速运转的在线装置(如蚊香管生产设备)用样管

取 10 m~30 m 未经缠绕的盘管,距头部 8 m(或样管进入探头前的距离)开始打通孔,通孔尺寸按第 5 章规定,每 500 mm 打一个通孔,一般情况打 20 个。

C.2.2 高速运转的在线装置(如空调管生产设备)用样管

取约 80 m 未经缠绕的盘管,距头部 10 m 起打孔,轴向 36 个通孔(通孔尺寸按第 5 章规定),间距 1.5 m,第 36 个孔后 20 mm 处再打一孔测量最大漏检长度。如有对 $\phi 0.3$ mm 通孔检测要求,可整根管子都打 $\phi 0.3$ mm 通孔,或另外再加打若干 $\phi 0.3$ mm 通孔。

C.3 校验

用塞规或量针(经过计量认证)对长管的人工孔伤进行校验,允许偏差为 ± 0.02 mm。

附 录 D
(资料性附录)

铜及铜合金管材涡流探伤的标准渗透深度参照表

铜及铜合金管材涡流探伤的标准渗透深度参照表见表 D. 1。

表 D. 1 铜及铜合金管材涡流探伤的标准渗透深度参照表

导电率 %IACS	体积电阻率 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	标准渗透深度/mm			
		频率 5 kHz	频率 10 kHz	频率 15 kHz	频率 20 kHz
102	0.016 903	0.925	0.654	0.534	0.463
101	0.017 070	0.930	0.658	0.537	0.465
100	0.017 241	0.935	0.661	0.540	0.467
98	0.017 593	0.944	0.668	0.545	0.472
96	0.017 959	0.954	0.674	0.551	0.477
95	0.018 148	0.959	0.678	0.554	0.479
90	0.019 157	0.985	0.697	0.568	0.493
85	0.020 284	1.014	0.717	0.585	0.507
80	0.021 551	1.045	0.739	0.603	0.522
75	0.022 988	1.079	0.763	0.623	0.540
70	0.024 630	1.117	0.790	0.645	0.559
65	0.026 525	1.159	0.820	0.669	0.580
60	0.028 735	1.207	0.853	0.697	0.603
50	0.034 482	1.322	0.935	0.763	0.661
40	0.043 103	1.478	1.045	0.853	0.739
30	0.057 470	1.706	1.207	0.985	0.853
26	0.066 31	1.833	1.296	1.058	0.916
25	0.068 96	1.869	1.322	1.079	0.935
24.5	0.070 37	1.888	1.335	1.090	0.944
23	0.074 96	1.949	1.378	1.125	0.974
9	0.191 57	3.115	2.203	1.799	1.558
7	0.246 30	3.532	2.498	2.039	1.766

注：标准渗透深度计算式为： $\delta=503.3 \sqrt{\rho/\mu_r f}$ 。



版权专有 侵权必究

*

书号:155066 • 1-54336