

JB/T 4730—2005《承压设备无损检测》答疑

——磁粉检测部分(Ⅲ)

周志伟

(湖南省特种设备检测中心,长沙 410075)

徐立勋

(中冶集团建筑研究总院,北京 100088)

郭伟灿

(浙江省特种设备检验中心,杭州 310020)

强天鹏

(江苏省特种设备安全监督检验研究院,南京 210002)

A Description of Standard JB/T 4730—2005 Nondestructive Testing of Pressure Equipments: Magnetic Particle Testing(Ⅲ)

ZHOU Zhi-wei

(Hunan Special Equipment Inspection & Testing Center, Changsha 410075, China)

GUO Wei-can

(Zhejiang Special Equipment Inspection Center, Hangzhou 310020, China)

XU Li-xun

(Central Research Institute of Building & Construction of MCC, Beijing 100088, China)

QIANG Tian-peng

(Jiangsu Province Boiler & Pressure Vessel Inspection Center, Nanjing 210002, China)

中图分类号: TG115. 28

文献标识码: B

文章编号: 1000-6656(2006)09-0485-03

13 采用磁轭法进行检测时应注意哪些问题?

JB 4730—1994 标准(以下简称老标准)中磁轭的磁极间距控制在 50~200 mm,由于磁极附近会产生漏磁场吸附磁粉形成非相关显示,为排除漏磁场干扰,所以新标准将最小磁极间距扩大到 75 mm,这一规定与 ASME 规范一致。

交流电磁轭具有集肤效应,因此对表面缺陷有较高的灵敏度。此外,由于交流电方向不断的变化,使得交流电磁轭的磁场方向也不断变化,这种方向变化可搅动磁粉,有助于磁粉的迁移,从而提高灵敏度。而直流电磁轭由于其磁场深入工件表面较深,有助于发现较深层的缺陷。因此在同样的磁通量情况下,磁场深度大,磁力线可穿过面积也大,所以单位面积上的磁感应强度就低,从而降低了检测灵敏度。有资料表明,直流电磁轭在 >6 mm 的钢板上

进行磁粉检测时,尽管电磁轭的提升力满足标准要求(≥ 177 N),但用 A 型灵敏度试片测试,表面磁场强度往往达不到要求。

一般来说,承压设备表面及近表面缺陷的危害程度较内部缺陷要大。如果表面和近表面缺陷的检出率高,对于承压设备的安全则比较有利,所以对锅炉、压力容器的焊缝进行磁粉检测时以采用交流电磁轭为好。而对薄壁压力管道来说,采用直流电磁轭由于其磁场深入工件表面较深,有助于发现较深层的缺陷,可以弥补内部缺陷的检测真空,因此用直流电磁轭为好。

14 JB/T 4730—2005 标准(以下简称新标准)为什么删去平行电缆法?

平行电缆法虽然有与工件非电接触、容易实施磁化的优点,但该方法存在磁力线方向不沿工件切向;磁力线的一部分在空气中通过,使被检工件中的磁场被大大减弱;磁场分布不均匀;磁化规范难以确定等缺点。由于采用平行电缆法进行磁粉检测时的结果不可靠,故新标准将老标准中列入的平行电缆

收稿日期: 2006-05-08

作者简介:周志伟(1948~),男,副总工程师,从事特种设备无损检测工作。

法删去。

15 新标准中对线圈法的有效磁化区是如何规定的?

各种标准对线圈法的有效磁化区的规定是:

(1) 老标准规定,线圈法的有效磁化区在线圈端部 0.5 倍线圈直径的范围内。

(2) ASTM E 1444—1994a 标准规定对于低充填因数线圈法,有效磁化区在线圈中心向两侧延伸 0.5 倍线圈直径范围,对高充填因数线圈法,磁化有效区是从线圈中心向两侧分别延伸 200 mm。

(3) 美国 ASME 规范第 V 卷第 7 章“磁粉检验”中 T-774.2 中规定,如果线圈磁化范围扩大到超过线圈任一边 150 mm(6 in)时,其适当的磁场应由 T-753 的磁场指示器来确定。

为确定线圈法的有效磁化范围,用以下条件进行试验,对材质为 35CrMo 的两种不同规格工件($\phi 90 \text{ mm} \times 760 \text{ mm}$ 和 $\phi 52 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$),采用湿连续法油磁悬液,电缆与工件紧密缠绕(高充填因数),中档灵敏度试片 C-15/50。试验结果表明,试片无论是放在电缆中还是放在距电缆端部 200 mm 处,C-15/50 灵敏度试片上人工缺陷均能清晰显示。

(4) 新标准根据试验结果,参照 ASME 规范,作出相对保守的规定,即线圈法有效磁化区是从线圈端部向外延伸到 150 mm 范围内。这样规定可以确保磁化强度足够。另外还规定,对超过 150 mm 以外区域的磁场强度可以采用标准试片确定。

16 关于线圈法的磁化规范的规定,新标准与老标准相比有何改变?

(1) ASTM E 1444—2001 标准中对低充填因数线圈纵向磁化的条件是,线圈的横截面积是被检零件横截面积的 10 倍或更多倍时,即线圈与被检零件横截面积之比 $y \geq 10$ 使用公式

$$NI = \frac{45\,000}{\frac{L}{D}}$$

式中 N ——线圈匝数

I ——施加在线圈上的磁化电流, A

L ——工件长度, mm

D ——工件直径或横截面上最大尺寸, mm

ASME SE-709 标准(2001 版)中规定的条件为,线圈的内径大大超过零件的内径尺寸($<10\%$ 的线圈内径),即 $y \geq 100$ 。在 2005 年 3 月新标准定稿会上决定,低、中、高充填因数全部定义为线圈横截面积与工件横截面积比,所以新标准中对低充填因

数线圈纵向磁化的条件采用了 ASTM E 1444—2001 标准的规定,即 $y \geq 10$ 。

(2) 老标准中没有中充填因数线圈磁化电流公式,使得应用范围不完整。新标准中采用了 ASME SE-709 中列出的磁化电流公式

$$NI = \frac{(NI)_h(10-y) + (NI)_l(y-2)}{8}$$

式中 $(NI)_h$ ——由高充填因数线圈公式计算出的安匝数

$(NI)_l$ ——由低充填因数线圈公式计算出的安匝数

(3) 在低、高充填因数线圈应用公式中的 L/D ,当计算空心工件时,工件直径应由有效直径 D_{eff} 代替。ASME SE-709 标准规定,对圆筒形工件

$$D_{\text{eff}} = [(D_o)^2 - (D_i)^2]^{\frac{1}{2}}$$

式中 D_o ——圆筒外直径

D_i ——圆筒内直径

对非圆筒形工件

$$D_{\text{eff}} = 2 \left(\frac{A_t - A_h}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$$

式中 A_t ——零件总的横截面积

A_h ——零件中空腔横截面积

(4) 老标准中,线圈法的计算公式不适于 $(L/D) \leq 3$ 的工件,对于 $(L/D) \geq 10$ 的工件,公式中 (L/D) 取 10。新标准按 ASTM E 1444—2001 标准规定, (L/D) 最小为 2,当 $(L/D) \geq 15$ 时取 $(L/D) = 15$ 。

(5) 本行业中剩磁法很少使用,也不用(或很少使用)线圈法对工件作剩磁法检验,因此这部分内容就未列入。

17 新标准中“质量控制”一节的描述参考了哪些国外标准?

质量控制内容是参照 ASME SE-709 和 JIS G 0565 标准的要求而制订的,国内有些单位在该方面做得不够,因此在标准中专门列一节强调这个问题。表 5 为 ASME SE-709 标准中建议的设备保养和校验时间间隔。

18 新标准中对被检工件表面准备有何新的要求?

新标准规定,被检工件表面不得有油脂、铁锈、氧化皮或其它粘附磁粉的物质。表面的不规则状态不得影响检测结果的正确性和完整性,否则应作适当的修理。如进行打磨,则打磨后被检工件的表面粗糙度 $R_a \leq 25 \mu\text{m}$ 。如被检工件表面残留有涂层,当涂层厚度均匀且 $\geq 0.05 \text{ mm}$,不影响检测结果时,

表5 设备保养和校验时间间隔

项目	分类	两次标定间的最长时间
照明	可见光强度	7 d(1周)
	黑光强度	7 d
	本底可见光强度	7 d
系统性能	湿磁粉浓度	8 h或每次换班时
	湿磁粉污染情况	7 d
	断水试验	1 d
设备 校 定 / 校 核	安培表精度	182 d(6个月)
	定时器控制	182 d
	快速断路	182 d
	自重校验	182 d
	光度计校验	182 d

经合同各方同意,可以带涂层进行磁粉检测。

关于涂层去除问题,ASME SE-709标准(2001版)规定,薄的非导电涂层(数量级约为0.02~0.05 mm)一般可能不会干扰显示,检测区及附近非导电涂层或覆盖层 >0.05 mm时,必须验证证明对最厚涂层处亦能探测出缺陷。国内也有资料介绍,当涂层厚度为0.5 mm时,可以发现A-30/100灵敏度试片上的人工缺陷显示。因此当涂层厚度 >0.05 mm时,可以带涂层进行磁粉检测,但应用触头法时工件和电极接触部分必须清除干净。新标准送审稿原有“如果涂层更厚,必须证明整个存在最厚涂层的地方能够不妨碍磁粉检测,否则应该去除”,为保守起见,在新标准的最终稿中将这段话删去。

被检工件表面打磨应根据实际情况,表面粗糙度要求由老标准 $R_a \leq 12.5 \mu\text{m}$ 放宽到 $R_a \leq 25 \mu\text{m}$ 。

为了增加对比度,允许使用反差增强剂。

19 磁粉检测时机应如何选择?

常用的低合金高强钢属于易淬火锅一类。在焊接过程中,焊缝容易产生冷裂纹。其中延迟裂纹是常见的一种形式,它不是焊后立即产生,而是在焊后几小时至十几小时或几天后才出现。若磁粉检测安排在焊后立即进行,就有可能使容易产生延迟裂纹的焊缝的检测变得毫无意义。因此新标准规定,对于那些有可能产生延迟裂纹的材料,其磁粉检测应安排在焊后24 h进行。

应注意的是,焊后24 h是《压力容器安全技术监察规程》的最低要求,对于某些产品来说有可能采用更长的时间,这时应按较严格的要求执行。如GB 12337《钢制球形储罐》就明确规定对有可能产生延迟裂纹的材料,其磁粉检测应安排在焊后36 h进行。此外对有再热裂纹倾向的材料在热处理后还

应增加一次无损检测。

20 使用交叉磁轭式旋转磁场磁粉探伤仪进行检测时,为什么要限制行走速度?

对连续法探伤,磁化时间一般要求1~3 s,目的是使缺陷有足够的时间形成磁痕。同样道理,如果交叉磁轭的行走速度过快,就等于缺陷磁痕的形成时间过短,还没来得及形成缺陷磁痕交叉磁轭已经离开了缺陷位置,从而造成漏检。

21 为什么旋转磁场磁粉探伤仪不能用于剩磁法?

用剩磁法检测的首要条件是能够获得足够的剩磁。因此,当采用交流设备磁化工件时必须配有断电相位控制器。因为交流电产生的磁场强度在不断的变化,如果不采用断电相位控制,让它在达到最大剩磁的时限内停止磁化,就不能确保获得最大的剩磁。而旋转磁场磁粉探伤仪是由两相正弦交变磁场形成的旋转磁场,不仅其磁场的大小在不停的变化,而且其方向也在 360° 范围内不断地改变。所以,无论在何时断电,磁场的大小和方向都是未知的,更无法保证获得稳定的最大剩磁。因此,旋转磁场磁粉探伤仪只能用于连续法,而不能用于剩磁法。

22 当采用交叉磁轭式旋转磁场磁粉探伤仪进行检测时,为什么对间隙要加以限制?

磁轭式磁粉探伤仪(包括交流磁轭和交叉磁轭)的工作原理是通过磁轭把磁通导入被检测工件来达到磁化工件的目的。而磁极与工件之间的间隙越大,等于磁阻越大,从而降低了有效磁通。当然也就会降低工件的磁化程度,结果必然造成检测灵敏度的下降。此外由于间隙的存在,将会在磁极附近产生漏磁场,间隙越大所产生的漏磁场就越严重。而间隙产生的漏磁场会干扰磁极附近由缺陷产生的漏磁场,有可能无法形成缺陷磁痕,即使形成磁痕也会被破坏掉。因此,为了确保检测灵敏度和有效检测范围必须限制间隙,而且越小越好。

对于承压设备,当被检工件表面为一曲面时,它的四个磁极不能很好地与工件表面相接触,会产生某一磁极悬空(在球面上时),或产生四个磁极以线接触方式与工件表面相接触(在柱面上时),这样就在某一对磁极间产生很大的磁阻,其表现为很强的噪声,从而降低了某些方向上的检测灵敏度。因此,在进行承压设备磁粉检测时,使用交叉磁轭式旋转磁场探伤仪应随时注意各磁极与工件表面之间的间隙应接近一致,当间隙过大时应停止使用,以避免产生漏检。新标准规定最大间隙 >1.5 mm。

(未完待续)