

液浸法检测钢管时聚焦探头的选定方法

王 健, 王建德

郭志贤

(宁波市特种设备检验检测中心, 宁波 315207) (宁波市镇海甬安无损检测工程有限公司, 宁波 315207)

Focus Transducer Selection for Steel Pipe Testing by Ultrasonic Immersion Method

WANG Jian, WANG Jian-de

(Ningbo Special Equipment Inspection Center, Ningbo 315207, China)

GUO Zhi-xian

(Ningbo Zhenhai Yung'an Nondestructive Testing Engineering Limited Company, Ningbo 315207, China)

中图分类号: TG115.28

文献标识码: B

文章编号: 1000-6656(2007)06-0358-02

笔者在对蓄能器产品进行制造监督检验时,发现很多厂在对钢管进行超声波探伤时,使用焦距恒定的聚焦探头去检测不同规格的钢管,产生了由于聚焦探头选用不当造成的漏检和误判。以下笔者将介绍聚焦探头的工作原理、适用范围和选用的原则,以供各制造厂同行参考。

1 聚焦探头分析

液浸聚焦探头结构如图1所示。它是利用超声波入射到上下介质声速不同($C_1 > C_2$)的凹透镜上时,声波折射聚焦形成的聚焦区。由几何声学可知,超声波在弯曲界面上产生折射所得焦距 F 为:

$$F = \frac{H}{1 - \frac{C_2}{C_1}} \quad (1)$$

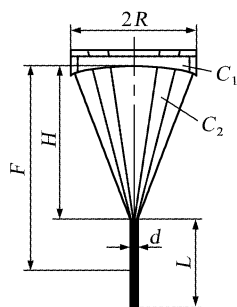


图1 在水中聚焦

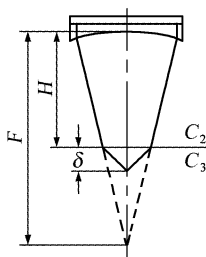


图2 在工件中聚焦

由图2得,当聚焦声束入射到工件时,若 $C_3 > C_2$,将发生二次聚焦。工件中的焦点深度 δ 为:

$$\delta \approx \frac{(F - H) \cdot C_2}{C_3} \quad (2)$$

式中 C_1, C_2 和 C_3 分别为透镜、水和工件的声速。

不少超声波探伤人员由图1认为,声束有一定的聚焦长度 L ,故想以此进行不同直径钢管的检测,这是不正确的。虽然聚焦探头的焦点是一个柱形区域,但在实际应用中是以 -6 dB 来定义焦柱的深度。此处 -6 dB 的含义为该点的声压是中心轴线上声压的 $1/2$,此时 -6 dB 处的焦柱直径 d_{-6} 为:

$$d_{-6} \approx \frac{\lambda F}{2R} \quad (3)$$

式中 λ ——波长;

R ——晶片半径。

而 -6 dB 处的焦柱长度 L_{-6} 为:

$$L_{-6} \approx \frac{\lambda F^2}{R^2} \quad (4)$$

由式(3)和(4)可知,同时获得尽可能小的焦点直径和尽可能长的焦柱长度是矛盾的,为此将近似计算公式简化为:

$$R_{-6} \approx \frac{L_{-6}}{d_{-6}} = \frac{2F}{R} \quad (5)$$

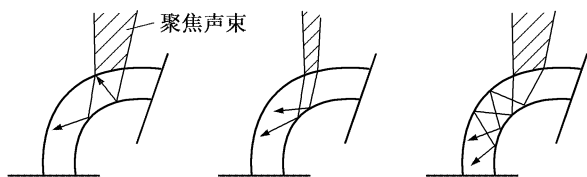
由上式可知,焦柱直径 d 、长度 L 与波长 λ 、焦距 F 以及晶片半径 R 有关。当 R 一定时, d 和 L 随 λ 和 F 的增加而变大。

对于不同焦距的探头,其焦距与声束轴线相垂

收稿日期: 2006-05-26

作者简介: 王 健(1967—),男,高工,主任,长期从事锅炉压力容器检验及管理工作。

直的管心轴线上距离不同。这是因为 F 不同,焦点进入管材的位置就不同。由于管材曲面对折射声束的形状不同,当焦点进入管材的尺寸太小或太大时,折射声场会产生发散(如图 3a 和 b),造成内外壁缺陷检出灵敏度不一致,有的只能检出 $1/2$ 壁厚范围内的缺陷,造成漏检。当焦点进入管材的尺寸适合时,折射声场相对集中(如图 3c),可使管壁内外两次反射声束的平均宽度相似,满足检测所需声速。



(a) 焦点太大 (b) 焦点太小 (c) 焦点合适

图 3 折射声场与焦点的关系

2 探头的选用

根据 GB 5777—1986《无缝钢管超声波探伤方法》标准要求,将水浸探伤聚焦探头的频率定为 2.5 MHz。在实际探伤中,为提高检测速度,一般采用直径较大的探头。

根据超声波检测原理,为保证声束入射角差异最小,要求声束焦点落在管子的中心轴线上(图 4),即

$$F = H + (r^2 - x^2)^{1/2} \quad (6)$$

为使声束有效地探测到内壁,并能在荧光屏上与水层界面清晰地分开,要求水层深度大于钢中横波声程的 $1/2$,近似认为钢中横波速度是水中声速

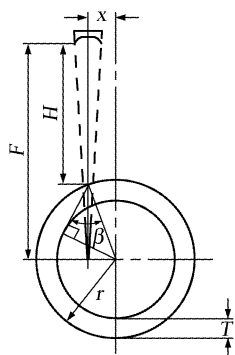


图 4 管材水浸探伤示意

的 2 倍,即

$$H \geq \frac{1}{2} [r^2 - (r - T)^2]^{1/2} = \frac{1}{2} r \left[1 - \left(1 - \frac{T}{r} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (7)$$

式中 T 为钢管壁厚。为使横波投射到管内壁,得:

$$\sin \beta \leq 1 - \frac{T}{r} \quad (8)$$

我国现有制造压力容器的钢管厚径比(T/r)为 $0.02 \sim 0.2$, x 在 $0.26r \sim 0.34r$, 取 $\bar{x} = 0.3r$ 得到 $1 - T/r = 0.6$, 由式(8)得 $\beta \leq 36.9^\circ$ 。

从式(7)得 H 值为:

$$H \geq \frac{1}{2} r [1 - (0.6)^2]^{1/2} = 0.4r \quad (9)$$

根据式(6),取 $x \approx 0.3r$, 得:

$$F = 0.4r + [r^2 - (0.3r)^2]^{1/2} = 0.4r + (0.9r^2)^{1/2} = 1.35r \quad (10)$$

取 $H = r, F = 1.95r$ (为计算方便,取 $F = 2r$), 由上可得不同 F 值所能探测的管子外径见表 1。

F	$r_{\min}$	$r_{\max}$	F	$r_{\min}$	$r_{\max}$
50	25	37	150	75	112
70	35	52	200	100	148
90	45	67	250	125	185
120	60	89			

表 1 中的 $r_{\max}$ 为能检测的最大管径,实际探伤时 $r_{\max}$ 值还可以增大些。

从聚焦探头的基本工作原理出发,推导了水浸聚焦法检测管材时的探头选择基本原则及探头与不同管径之间的匹配要求。为提高产品质量提供了保证。

国家标准《铁磁性钢丝绳电磁检测方法》讨论会在无锡举行

受全国钢标准化技术委员会委托,由上海材料研究所组织召开的国家标准《铁磁性钢丝绳电磁检测方法》讨论会于 2007 年 5 月 17 日在江苏省无锡市举行,与会代表共计 17 人,来自 14 个单位。

本次会议的目的是对国家标准《铁磁性钢丝绳电磁检测方法》征求意见稿和标准征求意见稿处理表进行讨论,协商处理所有的征求意见稿,确定标准送审稿的编写原则。

会议经讨论和协商后达成一致:本标准的类别仍定为方法标准,以修改采用 ASTM E1571 为编写原则,标准中建议增加检测报告的要求,检测结果的形式最好能直接用于分析和评判(如为数据化形式),安全评估标准应在方法标准制定后再另行制定,在本标准编制说明中也可介绍安全评估原则。

(全国无损检测标准化技术委员会秘书处 金宇飞)