

奥氏体不锈钢换热器管的涡流检测

沈建民,邱法聚,王小华

(宁波市特种设备检验检测中心,宁波 315020)

摘要:介绍采用双频涡流技术检测奥氏体不锈钢换热器管。在对比样管上的检测试验发现,样管上的相位-壁厚减薄曲线与各类文献中的缺陷标准曲线存在较大差异。比较了自然缺陷与人工缺陷信号间的差异,分析了因换热器管在制造过程中形成的台阶状壁厚变化导致的伪缺陷信号。利用幅-相报警功能可辅助监控被检区域。结果表明,涡流检测速度快、成本低,可有效应用于奥氏体不锈钢换热器管的检测。

关键词:涡流检测;奥氏体不锈钢;换热管;信号;缺陷

中图分类号: TG115.28

文献标识码: A

文章编号: 1000-6656(2008)08-0547-03

Eddy Current Testing of Austenitic Stainless Steel Heat Exchanger Tube

SHEN Jian-Min, QIU Fa-Ju, WANG Xiao-Hua

(Ningbo Special Equipment Inspection Center, Ningbo 315020, China)

Abstract: Double frequency method of conventional eddy current testing technology to inspect the austenitic stainless steel heat exchanger tube was introduced. It showed that the curve of phase against thickness decrease was greatly different from the stand curve in several kinds of literatures. The difference between the nature defect and artificial defect signals was compared, and the false defect signal excited by step-change of thickness in heat exchanger tube formed in manufacturing process was analyzed. Defect could be inspected by the assistant function (Altitude-Phase Warning). Through the analysis of the value of eddy current testing, it conclude that eddy current testing was in advantage of high speed, low prices, and being effect in inspecting the austenitic stainless steel heat exchanger tube.

Keywords: Eddy current testing; Austenitic stainless steel; Heat exchanger tube; Signal; Defect

电磁涡流检测技术是目前换热器管唯一有效的检测手段^[1]。介绍了某公司 CTA、PTA 装置中几台换热器奥氏体不锈钢换热管的涡流检测实例,并对部分换热管进行了拔管解剖和验证。

1 检测基本情况

被检换热管材质均为奥氏体不锈钢,非铁磁性,因此可采用常规涡流进行检测。使用厦门爱德森(电子)有限公司生产的 EEC-35++ 双频涡流仪进行检测,检测线圈为自比差动式。表 1 为被检换热管的规格和材质。采用频率为 24.5 和 48.5 kHz 的

表 1 被检设备基本情况及检测频率

设备位号	换热管规格/mm	材质
E1351A	$\phi 25 \times 2 \times 6\ 000$	317L
E1462	$\phi 25 \times 2 \times 4\ 500$	316L
E1314	$\phi 25 \times 2 \times 9\ 000$	317L
E1322	$\phi 25 \times 2 \times 6\ 000$	317L
E2224B	$\phi 25 \times 3.2 \times 9\ 000$	304L

双频检测,其中一个频率用于支撑板的混频处理。

因为 $\phi 25\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ 管子较多,故制作该规格的对比样管(图 1)。对该对比样管进行检测所得各种人工缺陷的相位幅值见表 2。图 2 可见,对比样管实测的相位-壁厚减薄曲线与各种文献常见的标准曲线存在较大差别,因此在检测中应以对比样管

收稿日期:2008-06-25

作者简介:沈建民(1980—),男,硕士,助理工程师,主要从事压力容器和压力管道的定期检验。

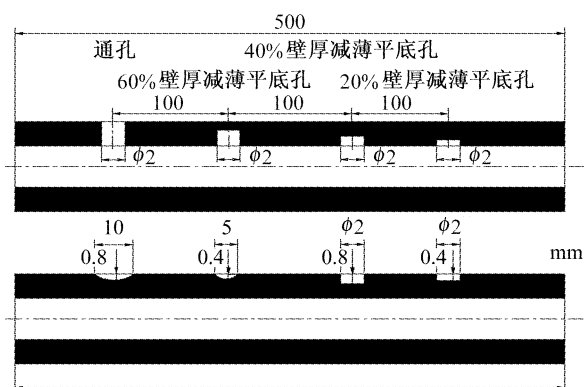
图1 $\phi 25 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 奥氏体不锈钢对比样管

表2 对比样管缺陷幅值相位值

缺陷部位	缺陷类型	信号幅值/dB	信号相位/(°)
内壁	20%平底孔	52	20.1
	40%平底孔	101	27.0
	60%平底孔	123	33.8
	通孔	172	41.7
外壁	20%大范围渐变减薄	50	113.4
	40%大范围渐变减薄	176	99.1
	20%平底孔	7	113.0
	40%平底孔	31	95.5

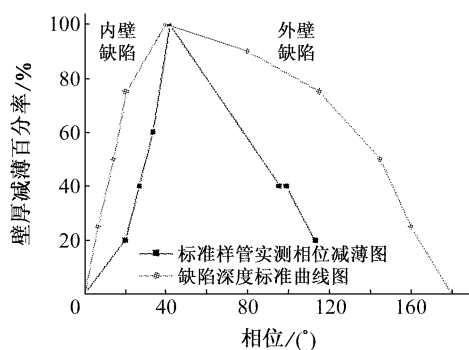


图2 相位-减薄关系图

为准,在无对比样管的情况下才可参考缺陷标准曲线。这是因为随着检测频率的变化,不同减薄厚度

对应的相位都有所不同。

JB/T 4730.6—2005 中关于在用非铁磁性管涡流检测的适用范围为外径 10~50 mm,壁厚 0.75~3.0 mm。而 E2224B 换热器管壁厚为 3.2 mm,超出标准范围,因此进行了超标准的试验性检测,制作了带通孔的简易对比样管。实际检测发现壁厚为 3.2 mm 时外壁支撑板信号已无法检测,对外壁缺陷不灵敏。分析认为 E2224B 换热器管程介质比壳程介质腐蚀性强,应重点关注换热管内壁缺陷,对超过标准厚度范围的换热管应以检测内壁缺陷为主。

2 涡流检测信号分析

2.1 自然缺陷与人工缺陷对比

在对比样管上制作的人工缺陷间隔大、形状规则,显示在涡流阻抗图上形状较规则,而自然缺陷形状复杂,分布不均匀。图 3 为对比样管上三个内壁缺陷的时基-阻抗图,显示为完整的“8”字形信号。图 4 为自然缺陷时基-阻抗图,其中大“8”字为支撑板信号,该信号在右侧的混频图上已被消除;自然缺陷在时基上波形密集,且幅值较大,缺陷阻抗图呈现扁瘦“8”字叠加状;显示的缺陷相位角度约为 30°,参照图 2 可判定该处缺陷约为内壁减薄 40%。对有缺陷换热管进行拔管解剖(图 5),内壁呈片状及点状腐蚀,测得减薄量约为 30%,比涡流检测结果稍小。

2.2 制造缺陷显示

在涡流检测中还检测到图 6 所示半“8”字形缺陷显示,因其幅值较大,怀疑为裂纹类缺陷。拔管解剖验证后发现该缺陷只是换热管在制造过程中形成的台阶状壁厚阶跃变化。此类制造缺陷容易引起误判。

2.3 幅相报警功能

涡流检测速度快,人工检测时易造成漏检和误判,故在实际中应合理利用涡流仪的幅相报警功能,以判别缺陷是否超标。图 7 为幅相报警图,圆形半径控制信号的幅值,扇形斜线控制相位,着色区域为

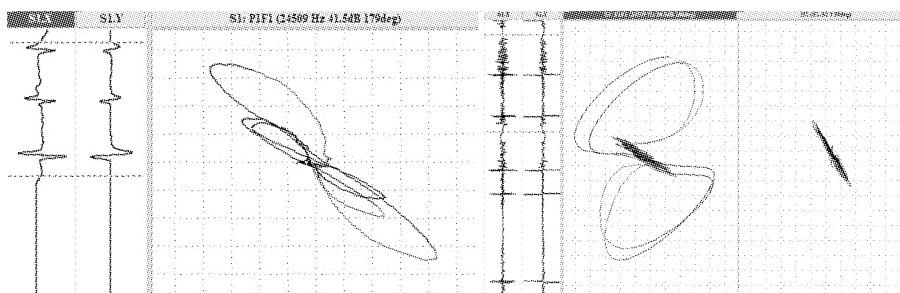


图3 人工缺陷时基-阻抗图

图4 自然缺陷时基-阻抗图

图5 换热管解剖图

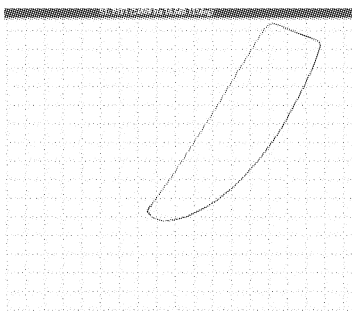


图6 换热管壁厚突变阻抗图

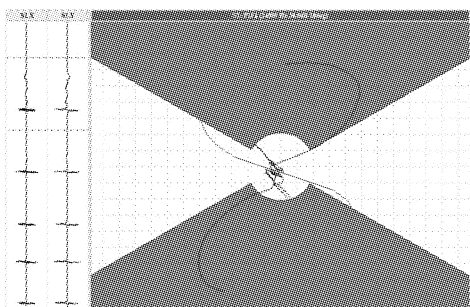


图7 幅值相位报警

超标缺陷监控区域,根据对比样管结果确定报警的相位与幅值。图7上除了支撑板信号之外,尚有一形状复杂的信号,其相位接近 90° ,一开始将其判断为通孔,拔管解剖后未发现缺陷,该信号幅值较小,怀疑是由材料自身不均匀引起的涡流信号,如果设定合适的幅度门槛,完全可以排除该缺陷。

2.4 检出外壁缺陷的有效性

表2显示外壁20%平底孔缺陷信号幅值为7 dB,40%平底孔缺陷信号幅值为31 dB,20%大范

围渐变减薄缺陷信号幅值为50 dB。而实际检测中噪声、材质不均等均会引起涡流阻抗图变化,这些信号幅值通常超过7 dB,淹没深达20%的外壁小孔信号,造成无法检测。但是对于外壁大范围减薄及减薄 $>40\%$ 的小孔均能可靠检出。

3 涡流检测效益分析

针对该涡流检测工程,进行了粗略的检测速度、探头损耗估算,以为日后涡流检测时进行人员及探头配置提供依据。其中检测速度约80根/h,最快100根/h;探头损耗约1000根/个(或探头行程16000 m/个)。国产耐磨探头每个人民币930元(如用进口仪器、进口探头价格将大大增加),检测人员3名,进行常规涡流检测。如果要对铁磁性材料制成的换热管进行检测,则需采用远场涡流检测。由于远场涡流检测频率低,导致采样速率低,检测速度应 $\leq 5\sim 20$ 根/h,因此对铁磁性材料制作的换热管进行检测时应以抽查为主,否则将会延长检验检修时间。

常规涡流检测速度快,可用于石化、电力等行业中非铁磁性换热管的在役检测。在检测中应注意自然缺陷与人工缺陷的不同,由于信号叠加等影响,自然缺陷信号显示比实际大10%左右。在涡流检测中合理利用幅相报警功能可有助于识别超标缺陷。

参考文献:

- [1] 王海波,宋树波,邵泽波. 涡流检测中探头运动速度对检测信号的影响分析[J]. 吉林化工学院学报,2004,21(3):83—85.

(上接第519页)

- [13] 陈娟,祁欣. 巴克豪森检测传感器的设计及分析[J]. 哈尔滨电工学院学报,1994,17(1):35—38.
- [14] 王存龙,陈新力. 巴克豪森效应在无损检测领域的应用[J]. 兵器材料科学与工程,1994,17(1):63—68.
- [15] Jagadish C, Clapham L, Atherton D L. The influence of stress on surface barkhausen noise generation in pipeline steels[J]. IEEE Transactions on Magnetics, 1989,25(5):3452—3454.
- [16] 祁欣,于石生,李波. 巴克豪森效应在材料检测中的应用和展望[J]. 材料科学与工艺,1994,2(2):107.
- [17] 侯炳麟,周建平. 磁声发射在钢轨性能无损检测中的应用研究[J]. 实验力学,1998,13(1):98—104.
- [18] 朱孝谦. 磁声发射[J]. 实验力学,1991,6(3):327.
- [19] 谷春瑞. 材料磁声发射技术研究[J]. 新技术新工艺,2000,(5):29—30.
- [20] 马咸尧,孙大千. 巴克豪森应力效应的研究[J]. 华中理工大学学报,1994,22(9):29—33.
- [21] 王威,苏三庆,王社良. 用磁声法 MAE 检测钢结构构件应力的机理和应用[J]. 西安建筑科技大学学报,2005,37(3):322—325.

欢迎网上投稿 网址: www.mat-test.com