

远场涡流测厚技术在空冷器碳钢管束检测中的应用

程华云, 关卫和

(合肥通用机械研究所 压力容器检验站, 合肥 230031)

摘要: 空冷器管束在使用过程中因腐蚀和冲蚀造成管壁局部减薄, 最终发生爆管或开裂, 引起高压高温介质泄漏。为避免燃烧或爆炸事故发生, 需要定期对管束进行检测。远场涡流测厚技术在碳钢管束上的应用, 并在工程上对碳钢管束进行了现场涡流测厚及对比较验证试验, 在此基础上提出远场涡流测厚技术是对带翅片碳钢管束的剩余壁厚测定的有效方法。

关键词: 远场涡流测厚; 碳钢管; 空冷器

中图分类号: TG 115. 28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2009)09-0740-03

Application of Remote Field Eddy Thickness-testing in Carbon Steel Tubes of Air Coolers

CHENG Hua-Yun GUAN Wei He

(Pressure vessel inspection station, Hefei General Machinery Research Institute, Hefei 230031, China)

Abstract: The tube bundle of Air Cooler may encounter thickness thinning due to corrosion or erosion causes in the service, ultimately the tube explode or craze, leading to leakage of high-pressure and high-temperature medium. In order to avoid occurrence of burning and explosion accident, regular inspection of the tube bundle is required. In this paper the application of the Remote Field Eddy Thickness-testing technology in carbon steel tube bundles was discussed, the carbon steel tubes were inspected by Remote field eddy current thickness-testing in actual engineering and comparison test, and based on this, it was proposed that the remote field eddy thickness-testing method for finned carbon steel tube bundle is availability.

Keywords: Remote field eddy thickness-testing; Carbon steel tubes; Air coolers

高压空冷器是炼油行业加氢裂化装置中的重要设备, 介质中含硫和氮, 加氢反应后生成 H_2S 和 NH_3 。冷却后, 两者反应生成 NH_4HS 并直接由气相变成固态晶体, 导致发生空冷器堵塞。为了防止堵塞, 通常在上游位置注水, 这样也带来了 NH_4HS 溶液对其的严重腐蚀, 同时也加大了对管束内壁的冲蚀^[1]。碳钢空冷器管最常见的失效形式为局部冲刷腐蚀导致管壁减薄最终发生爆管或开裂。为了在早期发现管束的剩余壁厚情况, 预防因壁厚减薄造成管束失效酿成事故, 需要对在用空冷器管束进行定期检查。空冷器管束由合金管或碳钢管制造且外

带铝质翅片, 对碳钢管束壁厚的测定, 远场涡流测厚技术是一种合适的手段^[2]。

1 远场涡流测厚技术基本原理

远场涡流测厚技术是一种能穿透金属管壁的低频涡流检测技术, 探头通常为内通过绝对式, 由一个同时起激励和检测作用的线圈或一个激励线圈(一次线圈)和一个检测线圈(二次线圈)构成, 仅针对被检测对象某一位置的电磁特性直接进行检测的线圈, 因而对管壁上不论是突变形式或渐变形式的壁厚减薄都有较强的敏感。

检测线圈和激励线圈相距约二倍管内径的长度, 激励线圈通以低频交流电, 检测线圈能拾取发自激励线圈穿过管壁后又返回管内的涡流信号, 从而有效地检测金属管管壁的减薄情况。若管壁厚为

收稿日期: 2009-03-21

作者简介: 程华云(1974—), 男, 工程师, 从事压力容器、压力管道的无损检测技术研究和应用工作。

h , 则磁场两次穿过管壁造成的振幅衰减和相位滞后由下式确定^[3]:

$$H \propto e^{-2\delta} \quad (1)$$

式中 δ ——标准透入深度;

H ——磁场强度振幅衰减。

管壁存在壁厚局部减薄时, 检测信号相位差减小, 幅值增大, 因而可对被检管进行壁厚测定。

绝对式探头是直接测量线圈阻抗的变化, 在检测时可用标准试样管放入线圈, 调整仪器, 再将被测工件放入线圈, 就可对被检工件进行壁厚测定了。

结合现代计算机和软件技术, 通过测厚专用软件可以将涡流检测得到的模拟信号, 按照事先建立的数学模型实时转化成数字信号, 通过观察可直接得到被检管束的实时壁厚值, 并可以把每根已测管的管壁最薄厚度值显示在屏幕上。不过需要注意的是, 由于涡流测厚的平均效应, 并不能真实反映腐蚀减薄处的最大腐蚀深度, 实际的局部腐蚀最薄壁厚要小于所测数值。

2 标样管制备及仪器调试

2.1 标样管材质及规格

高压空冷器管束的制造材质一般为 20 号钢或 10 号钢, 规格为 $\phi 25 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$, 标样管应选用与被检对象具有相同或相近规格、牌号、热处理状态、表面状态和电磁性能的钢管制作。

2.2 标样管的设计及制造

远场涡流测厚参考荷兰 Stamicarbon 公司有关技术规范 and JB/T 4730. 6—2005《承压设备无损检测》第 6 部分的相关内容, 设计标样管, 如图 1 所示。

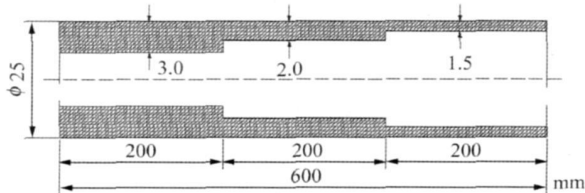


图 1 加工成不同壁厚的标样管剖视图

2.3 仪器调试

仪器调试需要注意的是远场涡流测厚时要保证涡流场能穿透管壁, 并具有良好的线性衰减特性, 频率选择不能太高。相位选择要使不同壁厚的信号反映在水平轴投影上有良好的线性关系, 并且对铁磁性管板产生的信号方向必须在增厚的信号方向。增益的选择要使信号的幅值在屏幕上处于合适的位置,

能便于观察。

每次开始作涡流测厚都应先用标样管对测厚系统进行校正, 校正的方法一般是用相同材质, 相同规格尺寸, 无缺陷的管子上加工不同壁厚的标样管, 分别输入标样管的最厚壁值和最薄壁值, 然后把探头置最厚壁处确认后, 再把探头置最薄壁处确认, 以此得到的数据形成测量的数学模型。因此, 该项工作对测量的准确性关系极大。

探头的选择应根据被检工件的尺寸和实际情况确定, 主要考虑检测灵敏度, 所以尽量选用较大填充系数的检测探头。但是由于管材的平直度、轴对称性和椭圆度总是存在一定的偏差, 如果仅仅关注追求填充系数的提高, 必然会增大检测线圈运行中被管材碰撞的概率和磨损。因此, 要尽可能的将提高填充系数和防止检测线圈受撞击或过度磨损这两者协调处理好。如针对图 1 标样管, 可选用 $\phi 18.3 \text{ mm}$ 远场内通过式线圈检测。

3 空冷器管束涡流测厚

(1) 某空冷器发生爆管失效, 现拟对该空冷器全部管束进行远场涡流测厚, 了解管束的剩余壁厚情况。该空冷器管束材质为碳钢, 外带铝质翅片, 规格为 $\phi 25 \text{ mm} \times 3.0 \text{ mm} \times 10\,000 \text{ mm}$; 检测仪器采用 ET-556H 型全电脑涡流检测仪及 $\phi 18.3 \text{ mm}$ 远场内通过式 AB 探头; 管束编号方法: 列管排列以面对出口方, 从上往下计排数, 上面为第一排, 每排自右至左计管数, 如图 2 所示。

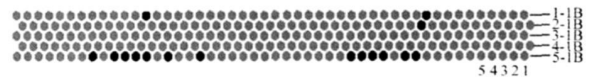


图 2 空冷器管束排列示意图(出口端)

(2) 按上述方法制作标样管及调试仪器后, 对该空冷器全部 240 列管进行了涡流测厚。最终测得列管壁厚最薄 1.60 mm (已爆管, 管号 5-37), 最厚 3.20 mm。

4 涡流测厚的对比验证

(1) 对壁厚 $\leq 2.80 \text{ mm}$ 、并有较大的腐蚀减薄的列管进行了位置测量, 然后将部分壁厚减薄的管束相应部位的外壁翅片去除后用超声波测厚仪对管束进行壁厚测定, 测厚值见表 1。

(2) 对部分壁厚减薄的列管进行解剖观察, 相应涡流测厚信号图及解剖图见图 3~8。

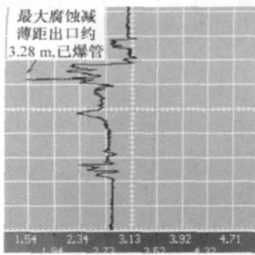


图3 列管 5-37 涡流测厚信号图及解剖图

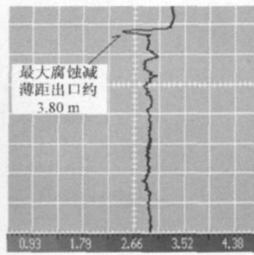
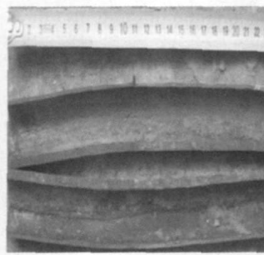


图4 列管 5-11 涡流测厚信号图及解剖图

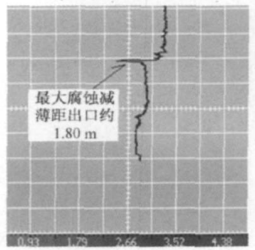
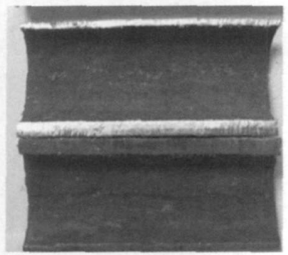


图5 列管 5-15 涡流测厚信号图及解剖图

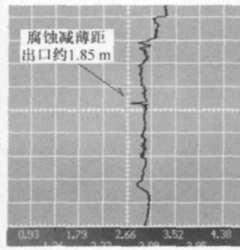
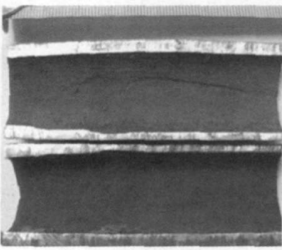


图6 列管 5-17 涡流测厚信号图及解剖图

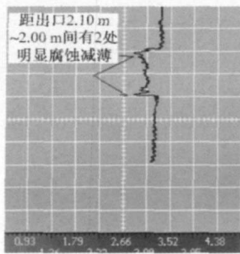
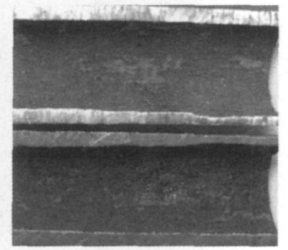


图7 列管 5-34 涡流测厚信号图及解剖图

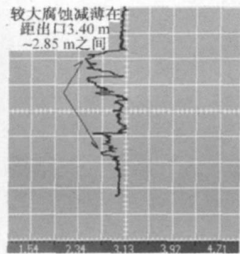
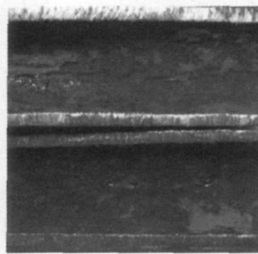


图8 列管 5-39 涡流测厚信号图及解剖图

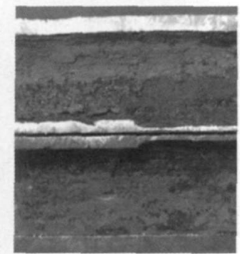


表 1 部分管束的测厚值 mm

管号	远场涡流测厚值	超声波测厚最小壁厚值	管号	远场涡流测厚值	超声波测厚最小壁厚值
5-37	1.60	0.8	5-36	2.45	2.3
5-11	2.45	1.7	5-39	2.55	1.5
5-15	2.45	2.1	5-41	2.6	1.7
5-17	2.65	2.5	1-36	2.6	2.5
5-34	2.80	2.6			

5 结论

(1) 高压空冷器是炼油行业加氢裂化装置中的重要设备, 由于介质中硫化铵水溶液的冲刷腐蚀, 会造成管子壁厚减薄。为了防止管束失效, 应定期对管子进行检查。远场涡流测厚是对在用空冷器碳钢管束剩余壁厚测定的一种有效方法。

(2) 在用空冷器碳钢管外壁翅片对远场涡流的

检测灵敏度有很大影响, 试样管应按相同制作工艺安装翅片, 在此基础上调试仪器及参数。

(3) 远场涡流测厚技术能在很大程度上反映出管束壁厚变化情况, 其测厚值和超声波测厚值及解剖情况能很好的吻合。

(4) 由于涡流测厚的平均效应, 并不能真实反映腐蚀减薄处的最大腐蚀深度, 实际的局部腐蚀最薄壁厚要小于所测数值。

参考文献:

[1] 中国石油化工设备管理协会设备防腐专业组. 石油化工装置设备腐蚀与防护手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 1996.

[2] 任吉林, 林俊明. 电磁检测[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

[3] Institute of Petroleum. A Study of Corrosion in Hydro-process Reactor Effluent Air Cooler Systems[M]. API Publication 932-A, 2002.