

微通道铝合金管的涡流探伤方法研讨

Research of eddy current testing method for micro channel aluminum alloy tube

张 瑛 , 吕世磊

Zhangying, lvshilei

(苏州龙骏无损检测设备有限公司, 江苏省, 太仓市 215413

Suzhou Longjun NDT Equipment Co.,Ltd.,Jiangsusheng,taicangshi 215413)

【摘要】 本文从微通道铝合金管的大量投放市场,却没有很好的质量控制方法谈起,从而指出运用科学、有效的在线涡流探伤,及时检出产品上的缺陷并作出标识,加强对微通道铝管的质量控制,已成为微通道铝管生产厂家和从事涡流探伤技术研究人员所面临的迫切问题。紧接着,作者根据实践经验并结合自身对涡流探伤理论的研究,阐述了三种可用于微通道铝管的在线涡流检测方法,通过分析,对比了三种检测方法的优缺点和实现难易度,为微通道铝管的在线涡流检测提供了具有重要推广价值的方法,同时为加强微通道铝管涡流检测技术的研究进而推动涡流检测技术的发展提供了重要参考价值。

【Abstract】 In this paper, from the mass market micro channel aluminum alloy tube, but not very good quality control method about, and points out that the application of online eddy current scientific, effective, timely detection of defects in products and make a mark, to strengthen the quality control of micro channel tubes, has become an urgent problem of micro channel tubes manufacturers and faces in eddy current testing technology research personnel. Then, according to the practice experience and combining with the eddy current testing theory, discussed the three can be used for online eddy current testing method, micro channel tubes through the analysis of the three detection methods, compared the advantages and disadvantages and the difficulty of implementation, provides the method has important popularization value for online eddy current testing micro channel tubes, provides an important reference value for the study of development and strengthen micro channel tubes eddy current testing technology and promote the eddy current testing technology.

【关键词】 微通道铝管探伤; 穿过式单通道检测; 穿过式双通道检测; 单穿过式加双点头式三通道检测

【key word】 micro channel aluminum testing; Through the single channel detection; Through the dual channel detection; Single pass type with double head type three channel detection

1, 微通道铝管探伤研究的紧迫性

微通道铝管(又称“平行流铝扁管”)是一种采用精炼铝棒、通过热挤压、经表面喷锌防腐处理,薄壁多孔扁形管状材料,是新一代平行流微通道空调换热器的关键材料,其外形如下图1所示:

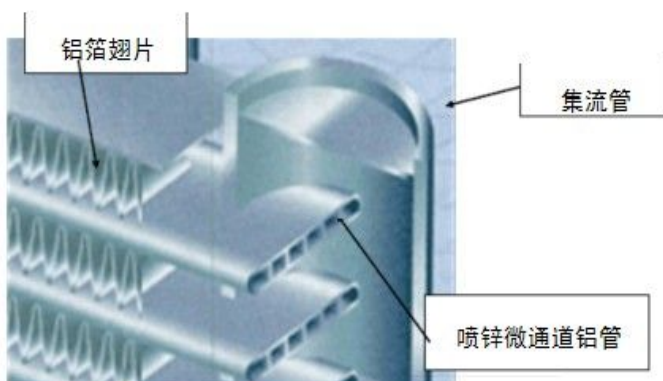


图 1: 微通道铝管

微通道铝管首先在汽车空调系统上获得强制使用(欧盟规定为1996年,中国规定为2002年)。另外,家、商用空调也正在加速向微通道铝管换热器方向发展,据有关部门统计,目前微通道铝管的市场需求量已突破15万吨/年。市场需求量的增加,促使了多家微通道铝管生产企业的出现,并纷纷扩建新生产线,

以增加产能，这样就造成了市场上微通道铝管产品参差不齐，空调生产企业“两器”泄露现象随处可见。

由于微通道铝管技术难度大、难点多，在生产过程中如何运用科学、有效的在线涡流探伤，及时检出产品上的缺陷并作出标识，从而加强对微通道铝管的质量控制，已成为微通道铝管生产厂家和从事涡流探伤技术研究人员面临的迫切问题。

2、三种涡流探伤方法的提出

2.1、穿过式单通道检测方法

目前在微通道铝管生产线上使用较多的涡流探伤方法，仍然是较为传统的外穿过式单通道检测，由于外穿过式单通道检测对填充系数（ $\eta=(d/D)^2$ ：工件外径与检测线圈内径之比的平方）有一定的要求，圆管检测时，管子与探头的填充系数一般要求 >0.5 即可满足正常检测。微通道铝合金管为扁长形（通常用长 $\times$ 宽表示，微通道铝管剖面图如图 2 所示），属于相对规则的异型管，对其进行涡流检测要想取得较好的探伤效果，不仅对同心度的要求非常高，管子上下表面填充系数也要求接近 0.9，才能达到相对理想的检测效果，而事实上，由于生产条件的限制，在实际使用过程中是很难达到的。另外由于上下两个扁平面上形成的涡流密度较两端圆弧部分小，探伤灵敏度要远远低于两端圆弧部分，从而较易造成上下两个平面上的缺陷漏检。该方法的具体实现过程为，保证管子平稳的通过穿过式检测探头即可。图 3 为穿过式探头的内部示意图，图 4 为微通道铝管穿过探头时的截面示意图，具体使用方法，如图 5 所示。

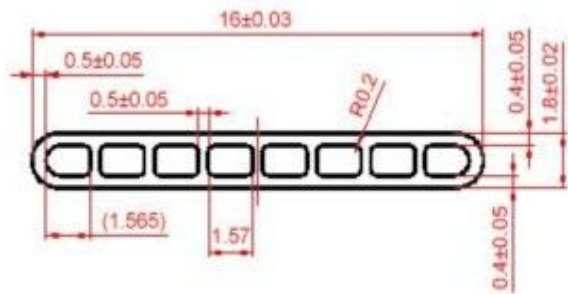


图 2：微通道铝管剖面图（尺寸单位：mm）

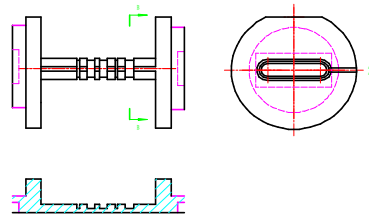


图 3：穿过式探头构造示意图

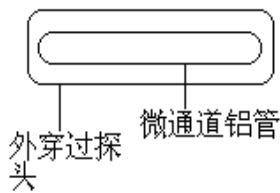


图 4：穿过式单通道检测示意图



图 5：穿过式单通道探伤应用现场

该方法的优点：(1)原理简单，较易实现；

(2)对涡流检测设备要求不是很高，成本较低。

缺点：(1)对管子的传动效果要求非常高，管子是蛇形向前移动的，导致穿管非常困难；

(2)对导套或探头磨损非常严重，增加了探伤成本；

(3)由于管子两个弧面上的灵敏度较高，而管子上下两个平面的检出灵敏度相对却低得多，因此当探头规格选定时，上下两个表面漏检现象比左右两个弧面严重（可以通过改变探头内孔在左右方向和上下方向的尺寸比例来尽量减小由此带来的影响）；

鉴于该方法本身存在的上述特点，要想达到较为理想的探伤效果，首先需要在管子进出检测探头前后加装导向装置，使管子的蛇形运动变为平直运动，即便如此，穿管还是较为困难，实际使用过程中，填充

系数要远小于 0.9，因此该方法很难保证小于 $\varnothing 0.2\text{mm}$ 的标准孔伤缺陷被检测出来。

2.2、穿过式双通道检测方法

由于穿过式单通道检测时存在穿管难的问题，及上下两个表面检测灵敏度较低，造成的较严重的漏检现象，因此就产生了穿过式双通道检测方法。

该方法对仪器的性能要求比较高，首先要求仪器对振动信号的处理性能非常好，只有具备硬件信号自动动态平衡技术，做到有效抑制振动信号过大和解决零点漂移问题的仪器才能实现该方法。

其次需要增加一个检测通道，即要求仪器是双通道的，从而还要增加一套外围检测配套系统，相应的成本会有所增加。

该方法的具体实现过程为：使管子先后经过两个检测探头，探头 1 检测管子的左边圆弧和下表面，即左下半部分；探头 2 检测管子的右边圆弧和上表面，即右上半部分。这样对单个探头相对于管子的填充系数就不要求那么高了，每个探头只需要保证所检测区域的间隙配合就行了，探头 1 与微通道管子左侧圆弧部分的填充系数只需达到 0.4-0.6 即可满足探伤需求，探头 1 与微通道管子下表面之间的填充系数很容易达到 0.8-0.9，探头 2 与微通道铝管的间隙配合情况与探头 1 相同。

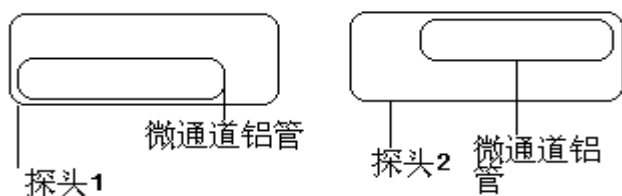


图 6：穿过式双通道检测示意图



图 7：穿过式双通道应用现场

该方法的优点：(1)由于探头内孔相对于管子来说比较大，穿管也就方便了许多，待管子穿过两个探头以后，再分别调整两个探头与管子的相对位置，调整好以后，将探头固定即可，这就解决了穿过式单通道检测时穿管难的问题；

(2)由于两个探头各司其职，使管子上下两个表面的检测灵敏度提高了，在一定程度上降低了漏检率，保证了探伤效果。

缺点：(1)对探伤仪器本身要求较高，由于探头与管子配合间隙较大，管子通过探头时，振动信号比较大，这就要求仪器有很好的抗振动干扰能力，非专业仪器无法实现；

(2)由于增加了一个检测通道，使整个检测系统的成本增大。

鉴于该方法的如上特点，该方法只在客户对管子要求较高的高端产品上使用，产品生产厂家本身的生产加工工艺水平较高，经济实力较强。

2.3 单穿过式加双点探头式三通道检测方法

穿过式双通道检测方法与穿过式单通道检测相比，有一定的优越性，在某种程度上降低了漏检率，但他不能从根本上解决这一问题。因此引入穿过式加探头式三通道检测是很有必要的。

该方法采用外穿过式加上下两个点探头的方式，实现三个通道同时检测，如图 6 所示，管子首先经过外穿过式探头，重点检测两端圆弧部分，由于探头两端的灵敏度是比较高的，因此在该方法中，在检测相同规格管子时，可选用比传统穿过式检测规格稍大的探头，以方便管子通过；管子上下平面的中间部分采用上下两个点式探头检测，选取合适尺寸的点探头，使检测区域在管子表面全覆盖，由于点探头的制作工艺和自身的特性，其灵敏度是非常高的，实验证明，直径小于 $\varnothing 0.2\text{mm}$ 的缺陷是可以保证检测出来的。例如检测 $10\text{mm} \times 1\text{mm}$ 的管子，选用 $12\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的外穿过式探头和 2 个直径为 $\varnothing 6\text{mm}$ 的点探头，就可以实现检测区域全覆盖。

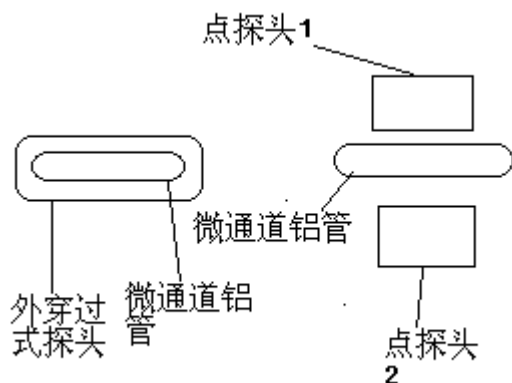


图 6: 单穿过式加双探头式检测示意图

由于点探头的使用，使该方法明显比前面两种方法实现起来较为复杂，除了要求探伤仪器为具有一个穿过式检测通道加两个点探头式检测通道即三个检测通道以外，还对点探头的安装固定提出了很高的要求，在实际生产过程中，实现起来比较困难，但经过手动实验，该方法的探伤效果是前面两种探伤方法所不能及的，该方法适用于精密小管径检测，经过验证，如果仪器参数调整合适，不仅能检出直径小于 $\phi 0.2\text{mm}$ 的孔伤，深度在 0.05mm 以下的划伤也是可以检测出来的。

该方法的优点：(1)突出优点为检测灵敏度高，漏检率非常低；

缺点：(1)对仪器性能要求非常高，投入成本提高；

(2)产品规格多，要制作不同尺寸的点探头，投入成本增加；

(3)点探头在生产现场的安装固定须专用模具；

3. 总结

穿过式单通道探伤方法的使用，使产品的检测合格率达到千分之几；穿过式双通道探伤方法的使用，很好地解决了周向灵敏度偏差问题，已经使产品的合格率逐步提高到 PPM 级（一套微通道热交换器大约有 50~150 支微通道铝管，只要一支出现气密性缺陷（如气孔、夹杂等），则整个空调器就会报废，因此质量标准以 PPM（100 万件）计，衡量标准为 15PPM 以下），大大提高了微通道铝管的产品质量，使国内的微通道铝管质量接近或达到国际标准。单穿过式加双探头式检测方法目前还处于实验阶段，实现三通道检测功能的探伤设备已经研制成功，但由于成本较高，点式探头在生产现场的安装固定困难，该方法还没有在铝管生产企业使用，相信随着涡流检测技术的进一步发展和我国机械装配水平的提高，在不久的将来，该方法将会成为微通道铝管探伤的主流。

参考文献

- 1、《金属材料的涡流检测》范弘主编 中国科学技术出版社
- 2、《涡流检测》国防科技工业无损检测人员资格鉴定与认证培训教材
- 3、《康风（CANFORM）连续挤压小铝管在线涡流探伤》刘力

吕世磊 销售经理 工程师

苏州龙骏无损检测设备有限公司

Suzhou Longjun NDT Equipment Co., Ltd

地址：太仓经济开发区北京东路 88 号东 J 幢

电话(Tel): 0512-53862822/18906220039

传真(Fax): 0512-53862826

邮编(P.C): 215413