

精密焊管的涡流探伤

李 平

(潍坊学院 潍坊 261041)

[摘 要] 介绍了涡流探伤技术在精密焊管生产过程中存在的问题, 并针对问题提出了实用性较强的解决办法。

[关键词] 无损检测 涡流探伤 精密焊管

[中图分类号] O44 [文献标识码] A

涡流探伤在我国是近40年才发展起来的一门无损检测技术, 其工作基础是电磁感应原理。检测线圈(探头)不需要接触工件, 因此, 探伤速度快, 且易于实现生产过程的自动检测。涡流探伤对工件表面或近表面的缺陷有较高的检出灵敏度, 但是, 由于“趋肤效应”的存在, 涡流探伤的有效范围仅限于工件表面的有限深度内, 并且依据信号显示难以判断缺陷类型。本文仅对涡流探伤技术在精密焊管生产中的应用问题进行讨论。

1、信号的形成

当交流电通过探头时, 会产生一个交变磁场, 在这个磁场的作用下, 使试样产生了涡流。此涡流也产生一个与原磁场相反的交变磁场, 这两个磁场叠加的结果, 会使探头的阻抗发生变化。因此, 用测量探头阻抗的方法, 就可得到试样各种参数变化的综合情况。由于此时所得到的信号是试样的尺寸、形状、缺陷、磁导率、电导率等各种因素影响的综合反应, 所以, 在探伤或测量时应取出缺陷的信号或其他所要求的信号。而不希望得到的信号则被认为是“干扰”, 应将其消除或滤掉。

2、检验频率

检验频率一般应根据涡流的透入深度、材料种类及厚度来确定。它不仅决定着有效的探测深度, 而且对探测的灵敏度影响很大。

当直流电通过圆柱体时, 横截面上的电流

密度均相同。而交流电流通过圆柱体时, 横截面各处的电流密度就不一样, 表面的电流密度最大, 越往圆柱的中心密度就越小。离导体表面某一深度处, 电流密度是表面值的 $1/e$ 。此深度称为透入深度。透入深度、频率、电导率、磁导率之间的关系如下式:

$$= \frac{1}{\sqrt{f\mu}} \quad (m)$$

式中 f —交流电流的频率(Hz)

μ —材料的磁导率(H/m)

—材料的电导率(S/m)

同理, 当对钢管进行探伤时, 钢管表面的涡流密度最大, 有最高的检出灵敏度, 越靠近钢管内壁, 涡流密度越小, 检出灵敏度就越小。

若设定检验频率为100kHz, 则透入深度为340mm。对于精密薄壁钢管来说, 由于其壁厚仅为0.7mm以下, 所以, 检验频率在1kHz以上即能满足探测灵敏度的要求。

3、表面清洁度

钢管在轧制过程中需要大量的冷却液对其冷却润滑。这就不可避免地要在钢管表面残留一些细小的污染物, 这些污染物都一定程度地影响了钢管的探测准确度, 甚至影响探头的有效寿命。这一问题是采用高压气吹洗的方法解决的。由于残留物随机地分布在钢管的整个圆面上, 因而必须采用环状喷嘴, 用足够的气压

(0.2~0.3Mpa)才能彻底解决。同时,为了减少高压气体吹洗的工作量,应对冷却液过滤和及时更换,以便有效地控制其清洁度。

4、钢管与探头的同轴度

如图1所示,运行中的钢管的中心线与探头的中心线总是不重合的。因为气隙的磁阻较大,涡流在穿过时强度就下降较多。缺陷位于间隙较大的一侧,其探测灵敏度就下降。同理,若缺陷位于间隙较小的一侧,其探测灵敏度就较高。

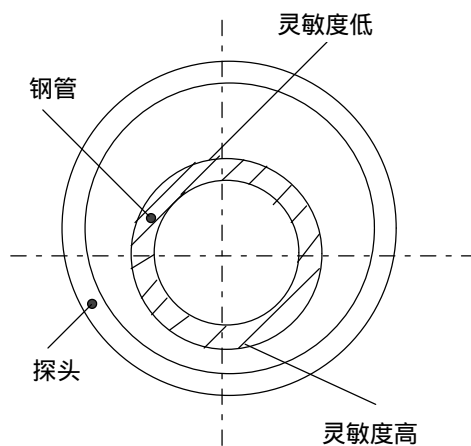


图 1

为了使钢管与探头的同轴度达到满意的要求,常用的测量方法误差太大。利用探头对试样探伤所得到的信号水平的比较,可以较好地解决同轴度问题。具体做法是,首先在一根长3米的钢管的表面加工两条宽0.5mm、长50mm、深0.3mm窄长槽。长槽加工位置如图2所示。然后使窄长槽的对称面在垂直和水平的两个方向,分别将试样穿过探头,并比较试样通过时两条长槽的信号水平。通过数次的比较和调整,就可以基本上消除同轴度误差带来的探伤可靠性及灵敏度问题。

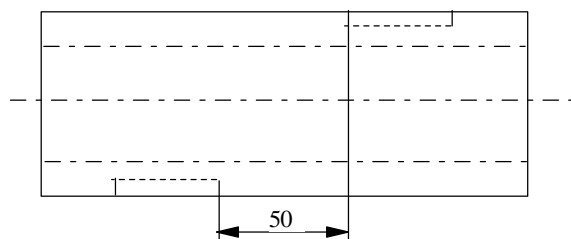


图 2

5、填充系数

对穿过式涡流探伤仪来说,探头的内径与钢管的外径之间的尺寸关系是非常重要的。

$$\alpha = \left(\frac{D}{d}\right)^2$$

式中 α —填充系数

D—钢管外径

d—探头内径

填充系数总是小于1的。 α 越大,钢管与探头之间的间隙越小,探伤灵敏度越高。 α 越小,间隙越大,灵敏度就越低。这是因为空气的磁阻要比金属材料高得多。为了提高探伤灵敏度和准确度,必须尽可能提高填充系数,但是,被探钢管总存在尺寸误差、椭圆度和直线度误差、壁厚不均、运行中的振动等多种不利因素,都会使钢管不易从探头中通过,甚至造成探头损坏。为了保证钢管能顺利通过探头,又必须使钢管与探头之间保持必要的间隙。一般的设计经验是使间隙保持在钢管直径的5%左右。当然,这还要考虑钢管的精度等级和探伤的精度要求。在满足探伤精度要求的前提下,应保持稍大的间隙。以便为探头、导套、传送装置的设计制造、调整、使用维修提供较为宽松的条件。并且减少涡流探伤工序对钢管制造的不必要的约束。

另外,为了保证探头在使用中的安全,导套内径应小于探头内径约1%。如图3所示。

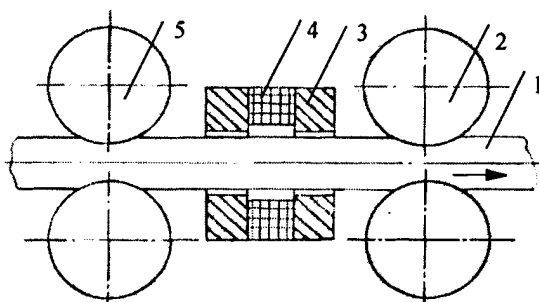


图 3

1、钢管 2、拉出辊 3、导套 4、探头 5、导向辊

6、传送装置

线外探伤仪必须具备专用的传送装置。在线检测的探伤仪,虽不需要专用的传送装置,

但必须采取措施，以保证钢管平稳穿过探头。在精密焊管的生产线上，采用前拉后导的办法。如图3所示，在探头的前部，用一对拉出轧辊将钢管拉出探头，拉出轧辊由直流电机驱动。并且拉出轧辊的线速度必须与轧制阶段的各通道的轧辊线速度相匹配。在探头导套的后部，有一对导向轧辊将钢管导入探头。为了保证钢管在通过探头时不弯曲、不抖动，导向轧辊必须对钢管有足够的压力，其转动是无驱动的被动运动。

另外，拉出辊和导向辊的孔形中心应与探头的中心线重合，并且此三者的中心线尽可能与钢管生产线的中心线相一致。这样既能保证探伤仪顺利工作，又能保证拉出辊、导向辊、导套有更长的使用寿命。

7、打标记

根据ASTM E426—88和JIS G0583—78等涡流探伤的有关标准，在与用户协商的基础上，制订出分级和判废标准。在一级缺陷处打标记，以使用户进行分级管理。对于判废缺陷，应将缺陷管切除。

由于精密焊管在探伤后还要经退火、冷却、酸洗、镀铜、校径等工序，因此打标记的

位置应在校径之后。从探伤仪到打标记装置的距离有80米，为了准确地打标记，从探伤仪采出触发计时信号，以拉出辊的线速度运行80米的时间做为打标记装置触发信号的延迟时间。从而保证标记打在缺陷上。

8、总结

由于涡流探伤技术具有探伤速度快、灵敏度高、应用范围广的特点，因而近几年内在我国得到了非常迅速的发展。但是，生产过程中的涡流探伤是根据信号水平来进行分级和判断是否合格的。对缺陷的种类无法实现在线检测。若区分缺陷的种类，必须做出相应的试样缺陷在线外进行探测，并将试样的缺陷信号与钢管上的缺陷信号进行比较。

由于目前国内尚未制定出棒、管、线材等涡流探伤标准，涡流探伤工作一般参考国外的相应标准。

虽然涡流探伤灵敏度高，但其抗干扰能力相对较低，所以在应用中，尤其是在线监测应特别注意前面所述的几方面问题，采取相应措施，保证在生产过程中获得满意的探伤精度，避免或减少误探或误判。

参考文献:

- 1.徐光华.《涡流探伤》.北京:机械工业出版社. 1986.
- 2.石井勇五郎.《无损检测学》北京机械工业出版社. 1986.