

# 提高钢棒漏磁探伤灵敏度的方法

杨振国<sup>1,2</sup>, 闻小德<sup>2</sup>, 谢银幕<sup>2</sup>

(1. 北京科技大学 冶金与生态工程学院, 北京 100083; 2. 莱芜钢铁股份有限公司特殊钢厂, 莱芜 271105)

**摘要:**介绍了漏磁探伤的基本原理, 对影响漏磁探伤检测灵敏度的因素进行了分析和研究, 提出了改进措施。

**关键词:**漏磁探伤; 检测灵敏度; 改进措施

中图分类号: TG115.28

文献标志码: B

文章编号: 1000-6656(2011)04-0072-03

## Methods for Improving the Sensitivity of Flux Leakage Testing of Steel Bar

YANG Zhen-Guo<sup>1,2</sup>, WEN Xiao-De<sup>1</sup>, XIE Yin-Mu<sup>2</sup>

(1. School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China; 2. Special Steel Plants, Laiwu Steel Corporation, Laiwu 271105, China)

**Abstract:** The basic principle of flux leakage testing was introduced, the influence factors of detection sensitivity for flux leakage were analyzed and studied, and some suggestions were put forward.

**Keywords:** Flux leakage testing; Sensitivity; Improvement measure

漏磁探伤是一种对材料进行无损检测的方法。它是利用材料中缺陷在磁场中时在材料表面形成的漏磁场, 来实现对材料表面或近表面缺陷检测<sup>[1]</sup>。按照磁化方向, 将探伤方式分为纵向探伤和横向探伤; 根据不同的磁化方法, 纵向探伤可分为旋转探头式和固定探头式。漏磁检测由于检测速度快(最高可达 90~120 m/min)、检测精度高(可检缺陷达 0.10 mm(深)×0.10 mm(宽)×10 mm(长))、漏报率低、可靠性高、无需耦合介质和无污染等特点, 被广泛应用于棒材、板材、管材、钢丝绳和结构件等铁磁性材料的检测。

### 1 漏磁探伤仪工作原理

莱钢特殊钢厂于 2009 年从德国 db 公司引进一台 RF L200 型漏磁探伤仪, 主要用于检测棒材纵向的表面及表面下 3 mm 以内的裂纹, 其主要组成包括传送辊道、压下辊等传动装置, 旋转探头、磁化装置、检测系统、进出口导向装置、喷标系统、PLC 控制系统和校准试样棒等。探伤仪的旋转探头、磁轭

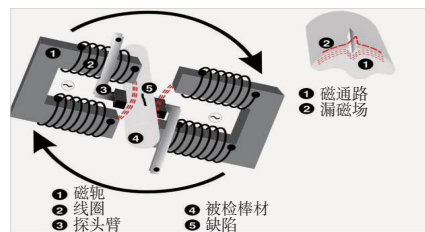


图1 旋转探头布置示意图

线圈和被检棒材的相对位置见图1。磁化装置为一个U型的磁轭线圈, 线圈通电后对棒材进行磁化, 形成磁通路。探头为检测线圈, 放置在磁轭线圈两磁极之间, 将检测到的漏磁场信号转化为电信号输出, 并与计算机相连。计算机通过软件处理, 分析给出检测结果。如图1所示, 磁轭线圈发出的磁感应线与棒材的中心轴线垂直, 用于检测纵向表面缺陷。

#### 1.1 探伤缺陷评价

漏磁探伤仪的结构基本相同, 有两个对称的探头臂, 通过旋转探头将检测到的缺陷漏磁场以电信号的方式输出, 在屏幕上显示出缺陷波形, 如图2所示。波形特征包括波幅、轴向位置、周向位置以及波形宽度等, 从而对缺陷的数量、位置、尺寸和分布等做出判断和评价。

收稿日期: 2010-11-22

作者简介: 杨振国(1973—), 男, 高级工程师, 博士研究生。

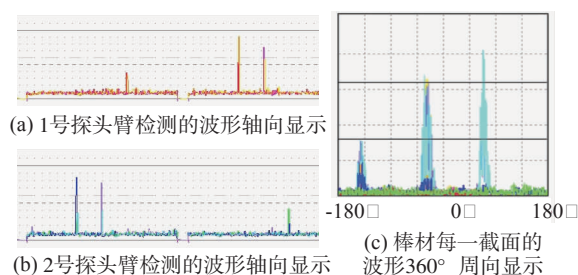


图2 波形图

为了更好地定位缺陷,将棒材按纵向划分为20 cm的多段,在周向显示中划分为8个扇区(图3),其中箭头指示棒材的运动方向。棒材扫描图结合了棒材的纵向显示和周向显示,并将棒材圆周展开成360°显示,如图3所示。

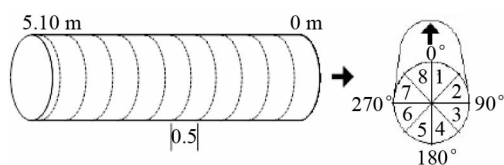


图3 缺陷定位示意图

探伤仪可对每根棒材上检测到的缺陷进行长度总和统计。通过设置缺陷总长度报警值,来实现缺陷分类,筛选出可以修复的棒材。经过人工或设备修磨后再进行二次探伤。

## 1.2 校准样棒

漏磁探伤仪配有校准样棒,样棒上刻有一定深度、宽度和长度的人工缺陷。通过人工缺陷比较法,设置合适的增益及门槛值,校准每个探头的灵敏度处于同一水平,从而确定基准探伤灵敏度,实现设备的在线连续检测。

## 2 影响漏磁检测灵敏度的因素

### 2.1 棒材质量的影响

棒材的表面粗糙度使探头与被检棒材表面的脱离值发生动态变化,从而影响检测灵敏度的一致性。棒材表面的清洁度决定了杂波信号的强弱。棒材端部不光滑或存在毛刺等问题时,对定心辊及探头会造成损伤。

### 2.2 传送辊道的影响

检测过程中,棒料通过V形辊道传送。V形辊道上方有气动垂直压下辊,防止棒料抖动(尤其在产生磁场时),进而穿过漏磁探伤仪进行检测。

不同规格棒材的中心高度不相同,漏磁探伤机的平台将自动随之调节高度,保证棒材的中心和漏

磁探伤机的中心在同一直线上。但若传送辊道的V型槽加工精度不够、辊道的安装精度不够或者辊道磨损严重等,都将导致钢材与探伤仪产生同轴度偏差,使棒材在线检测时发生跳动,降低检测灵敏度。

### 2.3 棒材传送速度的影响

在检测过程中应尽量保持棒材匀速前进,速度波动会造成漏磁信号形状的不同,影响到检测灵敏度。由图4可以看出,以低于匹配速度检测时,单个缺陷会被检测为多个缺陷,波形变宽。

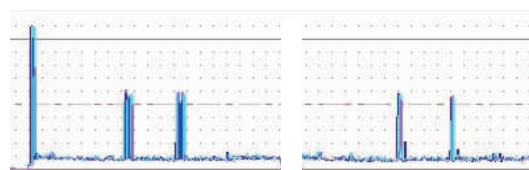


图4 不同检测速度时的缺陷波形图

检测速度取决于棒材直径,棒材直径越大,通过探头组的棒材线速度越低。探头转速一定时,将对应一段棒材通过的线速度区间。棒材线速度远低于该区间时,会将单个缺陷检测成多个缺陷;棒材线速度远高于该区间时,会造成漏检。

### 2.3 探伤仪设置的影响

(1) 磁场强度的影响 磁场的强弱对缺陷的漏磁场影响很大。由图5可知,当磁场强度较低时,漏磁场偏小,且增加缓慢;当磁场强度达到饱和值的80%时,漏磁场不仅幅度增大,而且随着磁场强度的增加会迅速增大。

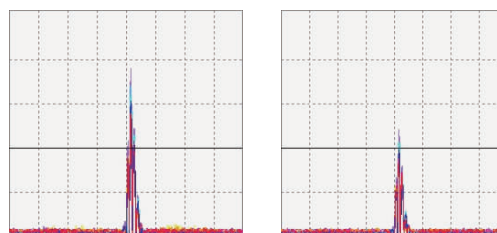


图5 不同磁化强度时的缺陷波形图

(2) 门槛设置的影响 门槛的设置影响到探伤设备的分辨力。以校准样棒为基准,当棒材穿过探头组时,探头对缺陷产生的信号进行评估,根据产生的波形幅值大小进行缺陷分类,诸如A(小缺陷),B(中等缺陷),C(大缺陷)等。

(3) 增益值设置的影响 只要波形幅值超过门槛,该波形即被认定为缺陷。因此,增益越大,缺陷

产生的波形幅值越大,可以检测到更细小的缺陷,从而提高探测精度。

## 2.4 缺陷的影响

(1) 缺陷方向的影响 当缺陷方向与磁感应线垂直时,产生的漏磁场最强;缺陷方向与磁感应线的夹角越小,漏磁场越弱。当缺陷方向与磁感应线平行时,漏磁场为零。

(2) 缺陷尺寸的影响 缺陷处于棒材表面时,形成的漏磁场最大,检测的灵敏度最高。当缺陷的埋藏深度逐渐增大时,形成的漏磁场将逐渐变小,两者呈近似线性关系<sup>[2]</sup>。当埋藏深度到一定值时,漏磁场接近为零,缺陷将无法被检测到。

(3) 缺陷宽/深比的影响 当缺陷的宽度相同时,漏磁场会随着缺陷深度的增加而增大,在一定范围内,两者呈线性关系。缺陷深度相同时,缺陷宽度对漏磁场的影响不呈线性关系。当缺陷的宽度很小时,随着宽度的增加,漏磁场有增大的趋势;当缺陷的宽度已经较大时,宽度增加,漏磁场反而会减小。

## 3 改进措施

### 3.1 待检棒材表面粗糙度的改进

漏磁探伤的棒材在进入探伤工序前,先对棒材表面进行喷丸清理。对棒材圆周 360° 进行全方位抛丸。为了获得更好的抛丸效果,抛丸介质应选择  $\phi 0.8$  mm 的钢珠,硬度在 HRC30 左右。棒材抛丸后的表面粗糙度可达  $R_a 12.5$ 。

### 3.2 辊道的加工精度和装配质量改进

辊道和前后传送辊道选用同一材质和同一槽型的 V 形辊道,辊道采用耐磨材料加工,热处理后表面硬度应大于 HRC58。

安装后辊道中心线的位置和标高要相同,所有的辊道均与待检钢材相接触,且保证被检棒材在 V 型辊道的同轴度公差  $< \phi 0.5$  mm。

### 3.3 速度匹配改进

(1) 传送速度一致 前后传送辊道的速度应与漏磁探伤机辊道保持同步,针对不同规格实施变频速度控制;对探伤平台辊道的传动皮带的张紧力应

(上接第 60 页)

#### 参考文献:

- [1] 陶旺斌,周在杞. 电磁检测[M]. 北京:航空工业出版社,1995. 118.
- [2] 美国无损检测学会编,《美国无损检测手册》译审委员会译. 美国无损检测手册·电磁卷[M]. 上海:世界图

定期检查,防止打滑。

(2) 辊道速度与探头转速匹配 不同规格的棒材对应不同的探头转速,可以通过公式转化为计算线速度。检测线速度比计算线速度慢,会造成同一个缺陷重复检测;检测线速度比计算线速度快,则会造成漏检问题。为了提高棒材的检测灵敏度,保证探头扫描轨迹有一定的覆盖率,并防止漏检,常在设定时将检测线速度设置为计算线速度的 90%~95%,以保证检测结果的可靠性。

### 3.4 探伤仪设置的改进

(1) 磁场强度 磁场强度达到饱和值的 80% 时,漏磁场不仅幅度增大,而且随着磁场强度的增加会迅速增大。但单纯提高磁场强度会增大杂波的信号幅度,并且会增加探头扫描时的温度,对磁轭线圈的使用寿命产生影响。在实际应用中,磁场强度的设置值一般定在饱和值的 90% 左右,无特殊要求不能设置为 100%。

(2) 阈值设置 根据被检棒材的表面质量,对漏磁探伤仪的阈值进行调整,将阈值设置为噪声信号幅值的 3 倍以上,确保噪声信号不会被误判为缺陷信号。

(3) 增益调整 根据客户对棒材质量的需求,要求检测到微小缺陷时,在保证信噪比的前提下,通过增加增益值,可以将缺陷产生的信号放大到最大,从而提高检测灵敏度。

(4) 样棒校准 样棒上刻有固定尺寸的人工缺陷,为保证漏磁探伤的检测灵敏度,参照 GB/T 12606—1999 标准<sup>[3]</sup>要求,必须保证每 4 h 校准一次样棒。校准时,只有当每个探头检测样棒人工缺陷的灵敏度水平都相同,检测的结果才会准确可信。

#### 参考文献:

- [1] 刘贵明,马丽丽. 无损检测技术[M]. 北京:国防工业出版社,2010.
- [2] 林俊明. 漏磁检测技术及发展现状研究[J]. 无损探伤, 2006, 30(1): 1—5.
- [3] GB/T 12606—1999 钢管漏磁探伤方法[S]. 书出版公司,1999. 115.
- [3] 任吉林,林俊明,高春法. 电磁检测[M]. 北京:机械工业出版社,2000. 8: 118.
- [4] Srinvas K, Siddiqui A O, Lahiri J. Thermographic inspection of composite materials[C]. Proc National Seminar on Non-Destructive Evaluation Hyderabad, 2006.