

高速钢轧辊表面和近表面缺陷自动超声探伤设备与探伤工艺

陶 军

(上海宝钢工业检测公司, 上海 200941)

摘 要: 高速钢轧辊凭借其优良的性能, 在轧钢行业得到越来越广泛的运用。但是长期以来, 对于高速钢轧辊表面缺陷的检测主要依靠人工检测手段来进行, 不仅效率低, 劳动强度大, 而且容易造成缺陷的漏检。为了解决这一问题, 宝钢从日本 KRAUTKRAMER 公司引进了安装在轧辊磨床上的轧辊自动超声探伤设备, 用于高速钢轧辊的自动检测。重点介绍了 KRAUTKRAMER 轧辊自动超声探伤设备的组成结构、使用的超声探头和超声波波动形式, 缺陷信号显示的形式及其判读, 执行的判废标准, 以及几个缺陷信号判读的实例。分析了高速钢轧辊自动表面波探伤的过程和形成的图谱, 并总结了一种新的高速钢轧辊探伤标准。

关键词: 表面波检测; 高速钢轧辊; 裂纹

中图分类号: TG595.4; TG115.28

文献标志码: A

文章编号: 1000-6656(2010)03-0214-04

Research of Automatic Surface Wave Testing Technology for High Speed Roll

TAO Jun

(Baosteel Industry Inspection Company, Shanghai 200941, China)

Abstract: HSS roll is widely used in the steel manufactory because of its nice performance. But the detecting work on the roll surface is normally done by hand. The efficiency is too low, and the work is too hard by this way. Furthermore, some small cracks may be skipped over. In order to solve this problem, Baosteel company imported a surface wave detector from KRAUTKRAMER company in Japan, which was installed on the roll grinder and was used for detecting the HSS roll automatically. The paper introduces the principle of the KRAUTKRAMER surface wave detector, and introduces the inspection map of the ultrasonic surface wave detector. The paper also summarizes a new detect criterion for the HSS roll.

Keywords: Surface wave testing; HSS roll; Crack

高速钢轧辊具有许多优良的特性, 在轧钢行业得到越来越广泛的使用。目前在宝钢 2050 热轧和 1580 热轧, F1-3 机架的高速钢轧辊投入率都已达到了 100%。由于价格昂贵, 高速钢轧辊的安全使用一直是人们关注的焦点。长期以来, 对高速钢轧辊表面缺陷的检测大多采用人工表面波探伤和人工磁粉探伤, 效率低, 劳动强度大, 无法满足快速的生产节奏。宝钢从日本 KRAUTKRAMER 公司引进了

安装在磨床上的轧辊自动超声探伤设备, 弥补了之前无法对高速钢轧辊进行自动表面缺陷检测的不足。笔者对该套设备的组成结构及探伤工艺作一介绍。

1 高速钢轧辊探伤特点

高速钢轧辊使用高强度锻钢作辊芯, 允许存在较高的残余压应力, 其外层残余压应力为 200~300 MPa, 比一般的轧辊要高 100~200 MPa。所以与普通轧辊相比, 高速钢轧辊更能防止表面裂纹的渗入与传播^[1]。为了降低辊耗, 目前对于用在精轧 F1-3 机架的高速钢轧辊, 可以允许表面带有残余二

收稿日期: 2009-03-16

作者简介: 陶 军(1976—), 男, 工程师, 研究方向为自动无损检测, 主要从事机械探伤设备的管理。

次浅裂纹上机使用。由于高速钢轧辊使用上具有这个特点,所以对于高速钢轧辊的探伤,不仅要检测表面是否有裂纹,而且要对裂纹的深度和形态分布等特性进行分析,判断其是否为有害裂纹,从而为磨床操作人员是否继续磨削轧辊提供参考依据。

2 轧辊自动超声探伤设备

2.1 表面波探伤原理

表面波^[2]也叫瑞利波,这种波只在工件表面很浅的表层内传播。在其传播过程中遇到裂纹时,一部分声波在裂纹开口处以表面波形式被反射,并沿物体表面返回;一部分声波在表面转折处转变为纵波和横波,在物体内部传播;还有一部分声波仍以表面波形式沿裂纹表面向前传播,如图 1 所示^[2]。表面波探伤就是利用表面波的上述特性来探测轧辊表面和近表面的裂纹。

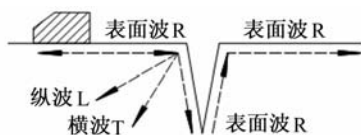


图 1 表面波遇到表面开口裂纹时的传播情况

2.2 探伤仪系统组成

轧辊自动超声探伤设备由机械控制单元、信号处理单元、人机界面和探头四部分组成。机械控制单元主要包括操作面板、欧姆龙 PLC、驱动机构和电机,用于机械臂的移动和耦合介质的开启等动作。机械臂下端安装超声探头信号处理单元,包括 4 通道超声波信号触发和激励模块、放大模块和分析处理模块。人机界面包括工控机和打印机,用于探伤结果的显示、保存等数据管理工作。整个探伤系统的结构如图 2 所示。

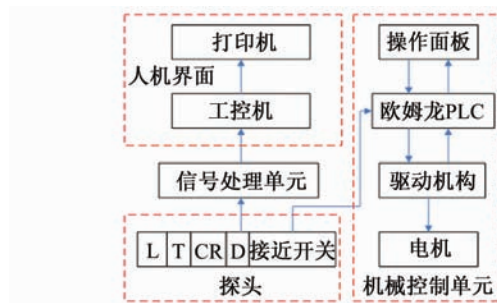
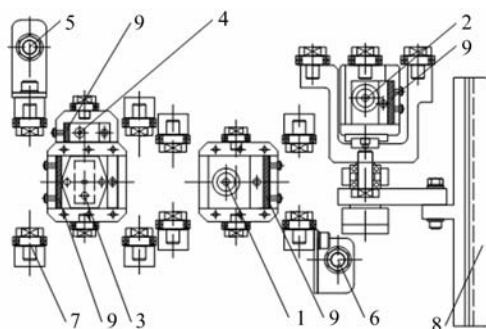


图 2 探伤仪系统结构图

2.3 探头结构

探头由周向表面波探头(L-UST)、轴向表面波

探头(T-UST)、周向爬行波探头(Cr-UST)和直探头(D-UST)四部分组成。整个探头布局如图 3 所示。L 探头沿着轧辊周向发射表面波,用于检测辊面轴向分布的表面裂纹。T 探头沿着轧辊轴向发射表面波,用于检测辊面周向分布的表面裂纹。Cr 探头与垂直方向倾斜 82° ,沿着轧辊周向发射爬波,用于检测轧辊近表面轴向分布裂纹的深度。D 探头沿着轧辊垂直方向发射超声波,用于检测轧辊内部(距辊面 0.5~80 mm 深)裂纹。各探头超声波传播方向如图 4 所示。



1. L 探头 2. T 探头 3. D 探头 4. Cr 探头
5. 探头右侧位置检测开关 6. 探头左侧位置检测开关
7. 轴承 8. 刮板 9. 耦合液出水口

图 3 探头分布图

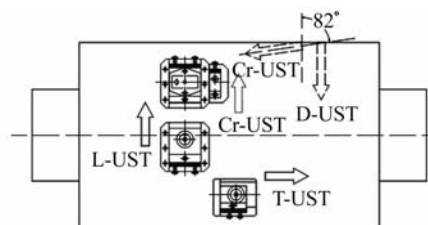


图 4 各探头超声波传播方向

2.4 自动探伤过程

探伤仪机械臂由两级传动机构组成,能够将探头平稳地放置到辊面上,探头附着辊面的情况如图 5 所示。由于探头两侧的滚动轴承直接接触辊面,

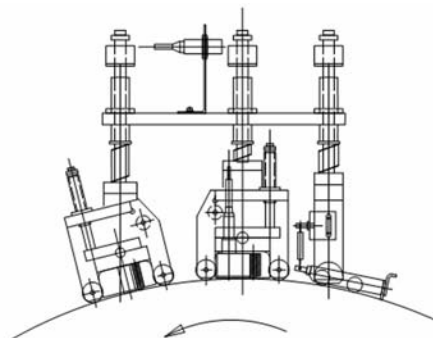


图 5 探头附着辊面情况示意图

而轴承外圆面和探头表面之间有 0.1mm 的高度差,因此在整个探伤过程中,无论辊形曲线如何变化,探头与辊面之间始终保持 0.1 mm 的距离。每个探头上都有一排独立的出水口,保证在探头和辊面之间产生均匀的耦合介质层,确保探伤信号的稳定。

2.5 自动探伤信号显示

探伤信号显示图由辊身展开显示区域和各探头检测信号纸带记录形式的显示区域两部分组成。如图 6 所示。在探伤过程中,四个检测通道的信号以实时方式进行显示,横坐标表示轧辊的辊身长度,纵坐标表示信号的幅值,以百分比的形式表示。每个通道都有独立的阈值设定,当某一位置信号的幅值超过这一阈值,在辊面展开图上就会将该位置以特定的颜色标示出来,以便于操作人员在辊面上对该位置的缺陷进行进一步确认。

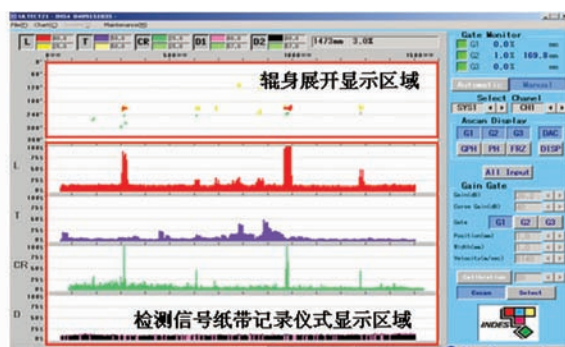


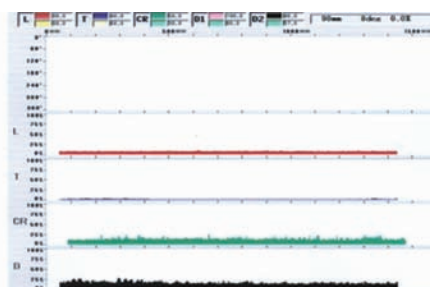
图 6 表面波探伤仪显示图谱

3 高速钢轧辊探伤标准

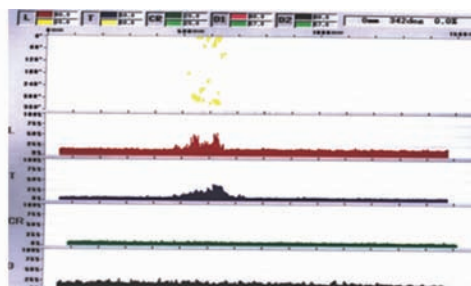
由于高速钢轧辊允许辊面带有残留二次裂纹上机使用,因此判断高速钢轧辊是否继续磨削,很大程度上取决于可以检测裂纹深度的 Cr 爬行波探头的显示信号。所以高速钢轧辊的探伤标准主要围绕 Cr 探头波形展开。用标定试块对探头的灵敏度进行校准,目前对于辊面允许残留的二次裂纹,将 Cr 探头显示信号的幅值校准为 30%。

3.1 Cr 通道波形平滑并且信号幅值<30%

从探伤图谱上看,如果 L 通道和 T 通道波形平滑,如图 7(a)所示,说明轧辊表面没有裂纹,可以上机使用。而如果 L 通道有异常突起波峰,但 Cr 通道波形平滑并且信号幅值<30%,说明轧辊表面存在残留的轴向分布二次裂纹缺陷,但该裂纹暂时不会发展,可以投入使用。但如果 T 通道信号同样有



(a) 无裂纹



(b) 有裂纹

图 7 Cr 通道信号幅值<30%的探伤图谱

异常突起波峰,如图 7(b)所示,由于 Cr 通道只能检测轴向分布裂纹的深度,因此需对周向裂纹深度进行人工探伤确认,来判断其是否可以投入使用。

3.2 Cr 通道波形出现异常突起波峰

如果 L 通道和 T 通道在相同位置上也出现了异常突起波峰,那么可以判断在辊面上可能存在裂纹,而且带有一定深度,该轧辊不能上机使用,需人工进一步确认。如图 8 所示,该轧辊表面可能存在带有一定深度的网状裂纹。而如果 L 通道和 T 通道在该位置波形正常,那么辊面该位置可能存在皮下裂纹。这时要判断轧辊是否可以上机使用,主要看 Cr 通道突起波峰的宽度,如果波峰的宽度比较窄,如图 9(a)所示,说明皮下裂纹小而短,不会对轧辊的正常使用造成威胁。而如果波峰的宽度比较

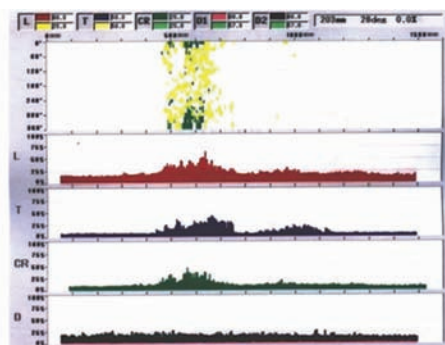
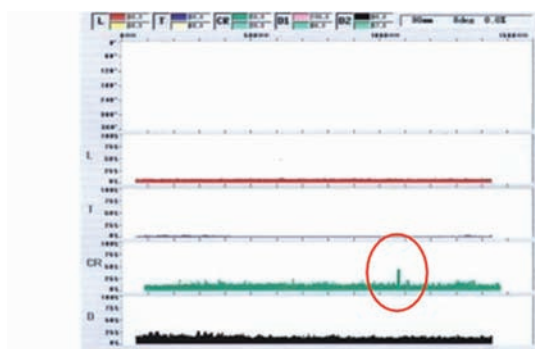
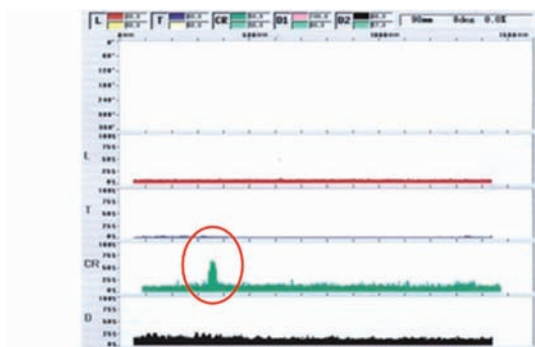


图 8 带一定深度网状裂纹的轧辊探伤图谱



(a) 皮下小裂纹



(b) 皮下长裂纹

图9 存在皮下裂纹的轧辊探伤图谱

宽,如图9(b)所示,则该皮下裂纹可能较长,需进行人工确认。

4 结语

轧辊自动超声探伤设备的引进,可以说是填补了在高速钢轧辊自动探伤技术领域的空白,在提高高速钢轧辊的探伤效率,降低劳动强度方面起到了一定的作用。但是要真正用好该设备,进行缺陷信号分析,从中辨别辊面缺陷是有害裂纹还是无害裂纹是关键。这就要求在探伤仪的使用过程中注意将探伤信号和实际裂纹形态进行比较,不断从中寻找规律,并将其补充到探伤标准中,只有这样才能使这台设备在保证高速钢轧辊安全使用,降低损耗方面起到更好的作用。

参考文献:

- [1] 符寒光. 高速钢轧辊研究和应用的进展[J]. 上海金属, 1999, 21(2): 17.
- [2] 蒋盛. 轧辊表面波超声检测技术[J]. 无损检测, 2004, 26(5): 266.
- [3] 符寒光. 高速钢轧辊研究和应用的进展[J]. 工程地球物理学报, 2004(6): 282—286.
- [4] 付国强, 彭苏萍. 探地雷达在挡墙病害检测中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2004(2): 86—90.
- [5] 葛双成, 江影, 颜学军. 综合物探技术在堤坝隐患探测中的应用[J]. 地球物理学进展, 2006, 21(J): 263.
- [6] 钱家栋, 邓明德, 等. 雷达用于地震预测的基础实验研究[J]. 地球物理学报, 2005, 48(5): 1103—1109.
- [7] 梁北援, 郭铁拴, 申旭辉. 地质雷达双域数据处理软件及其应用[J]. 地球物理学进展, 2005, 20(2): 443.
- [8] 郭铁拴, 刘兰波, 张晓东. 地质雷达技术指标的标定研究[J]. 地球物理学进展, 2005, 20(2): 454—459.
- [9] Olver A D, Cuthbert L G. FMCW radar for hidden object detection[J]. IEE Proceedings, 1988, 135(4): 354—367.
- [10] Daniels D J, Gunton D J, Scott H F. Introduction to subsurface radar[J]. IEE Proceedings, 1988, 135(4): 278—320.
- [11] 秦明强, 李超, 占宝剑. 探地雷达在混凝土结构检测中的应用研究[J]. 国外建材科技, 2006, 27(3): 24—26.
- [12] 甘露, 甘良才. 高分辨率探地雷达步进系统的研究与实现[J]. 电波科学学报, 2008, 23(3): 555—559.
- [13] 薄会申. 地质雷达技术实用手册[M]. 北京: 地质出版社, 2006.
- [14] 李冬生, 黄新民, 等. 改进的神经网络技术在声发射定位中的应用[J]. 无损检测, 2006, 28(6): 288—291.
- [15] Zerzu M, Street P, Lodha G, et al. Characterization of a moderately fractured granitic rock using single-hole radar reflection, crosshole radar tomography and ground penetrating radar at AECL'S underground Research Laboratory[C]// 67th SEGINS Pinawa: Manitoba, 1997.
- [16] Chanzy A, Tarussov A, Judge A, et al. Soil water content determination using a digital ground penetrating radar[J]. Soil science society of America journal, 1996, 60(5): 1318—1326.
- [17] Chieh H Y, et al. Under water profiling by DC tomography and GPR methods[C]// 67th SEGINT, Pinawa: Manitoba, 1997, (6): 654—656.
- [18] 隋景峰. 隧道衬砌质量检测新技术[J]. 工程勘察, 1998, (2): 65—67.
- [19] 刘敦文, 黄仁东. 应用探地雷达技术检测衬砌质量[J]. 物探与化探, 2001, 25(6): 469—473.
- [20] 何开胜, 王国群. 水库堤坝渗漏的探地雷达探测研究[J]. 防灾减灾工程学报, 2005(3): 20—24.
- [21] 魏超, 肖国强, 王法刚. 地质雷达在混凝土质量检测中的应用研究[J]. 工程地质物理学报, 2004, 1(5): 447—451.
- [22] 李成香, 强建科, 王建军. 地质雷达在公路裂缝检测中