

·检测与仪表·

Parsytec 自动表面缺陷检查系统在冷轧连续退火线上的应用

戴卫东¹, 安百光²

(1. 本钢浦项冷轧薄板有限责任公司 设备部, 辽宁 本溪 117021; 2. 莱芜钢铁集团有限公司)

摘要: 实时检测带钢表面出现的夹杂、划伤、辊印等缺陷并加以分类处理十分重要。以本钢浦项冷轧连续退火机组 Parsytec 自动表面质量检查系统为研究对象, 着重分析了该系统的系统结构和工作原理, 对该系统在实际应用中出现的常见问题及解决方法进行了归纳和总结。实际应用表明, Parsytec 自动表面质量检查系统能够在线实时检测带钢表面缺陷并加以分类处理, 同时能够对缺陷的图像、种类、数量和位置等信息进行有效的统计和存储, 可以实现钢卷表面质量等级的自动判定。

关键词: 带钢; 表面缺陷; 自动检查

中图分类号: TG334.9 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-7059(2009)-02-0047-05

Application of Parsytec automatic surface defect inspection system in continuous annealing line of cold rolled strip

DA I W ei-dong¹, AN Bai-guang²

(1. Equipment Department, Benxi Steel Posco Cold Rolled Sheet Co., Ltd., Benxi 117021, China;

2. Laitu Iron and Steel Group Co., Ltd.)

Abstract: It is very important how to detect defects on strip surface, such as impurities, scratches and roll marks etc., and how to classify. Taking Parsytec automatic surface defect inspection system as research subject, structure and principle of the system were briefly analyzed. Normal troubles happened in actual application of the system were collected and classified, and their solutions were summarized. Practical application results show that the system can detect and classify surface defects on strip in real time. Details of defects, including image, type, quantity and position, can be accurately calculated and saved to database simultaneously, and automatic evaluation of coil surface quality class can be achieved.

Key words: strip; surface defect; automatic inspection

0 引言

冷轧钢板质量的好坏, 尤其是表面质量, 关系到企业的产品竞争、经济效益和市场生机, 因此早期发现质量缺陷非常重要。例如, 边缘裂缝的早期检测能够减少断带的发生; 孔洞的检测, 使用户能够对轧辊辊面及时采取保护措施, 防止缺陷重复出现; 周期性缺陷的出现, 可提醒设备维护人员

及时检查相应的设备, 以免酿成大祸。

在带钢表面检测领域, 机器视觉检测技术与传统的人工目视检测相比, 具有快速、可靠和准确的优点^[1], 目前已被钢铁生产企业广泛应用, 必将取代过去传统的各种质量控制方法。德国 Parsytec 公司提供的 Espresso-SI HTs5.0 表面缺陷检查系统集成光源组合、图像采集处理、模式识别专业软

收稿日期: 2008-08-08; 修改稿收到日期: 2009-11-12

作者简介: 戴卫东 (1970-), 男, 辽宁沈阳人, 工程师, 主要从事冷轧自动化仪表工作。

件技术于一体,随着它在本钢浦项冷轧薄板有限责任公司连续退火生产线上的成功应用,大大提高了产品质量检测判定以及跟踪的快速性和准确性。

1 系统结构

Espresso-SI HTs5.0 表面缺陷检查系统是一种模块化的高端表面缺陷检查解决方案,它适用于所有的表面检测需求,具有低对比度、大幅宽的特点,可满足高速生产线的要求。该系统结构如图 1 所示,它由上、下表面传感器,电气柜,检查服务器 PC,终端机组成。

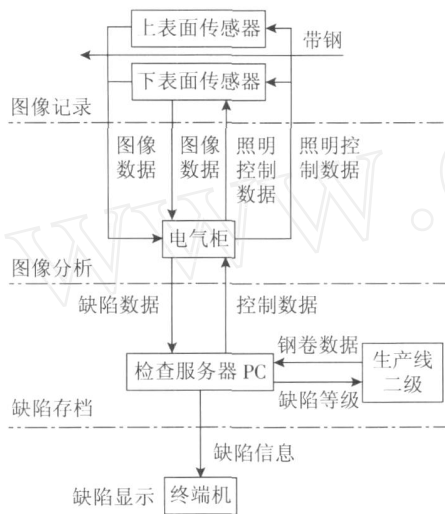


图 1 Espresso-SI HTs5.0 的系统结构

Fig. 1 System structure of Espresso-SI HTs5.0

1.1 上、下表面传感器系统

该系统采用面扫描 CCD 相机并配以灰阶亮场光源的配置方案,其相机和光源封装在一起做成检测传感器箱。在上、下表面传感器箱内,分别配置了 11 个数字矩阵 CCD 相机,其分辨率为 $250 \mu\text{m}$,像素尺寸为 $250 \mu\text{m} \times 500 \mu\text{m}$,频率为 $120 \sim 240 \text{ Hz}$,具有实时 12 b 图像处理能力。每个相机都安装在一个快速安装适配架上,出厂时每个相机的位置已经调整好,以保证其测量精度。

光源系统为具有单色红外光谱的发光二级管光源板,且发光二级管工作在频闪模式。为了保证传感器箱工作在正常的温度范围内,上、下表面传感器箱各安装一套壁挂式空调机。

1.2 电气柜

在电气柜内,主要有相机计算机、网络交换机、同步单元以及 I/O 接口卡等。相机计算机采用紧凑型 PCI 技术,其硬件配置为 Pentium M

CPU, 512MB RAM, 软件配置为 MS Windows XP 嵌入式操作系统。千兆网络交换机是 Espresso-SI 系统的中央网络单元。每个相机计算机都连接到 Espresso-SI 系统网络的两个分支上:在第 1 个千兆网通道上,相机计算机从相联的计算机上接收图像数据,在第 2 个千兆网通道上,相机计算机通过千兆网络交换机与 Espresso-SI 系统的检查服务器 PC 通信。同步单元从编码器获得速度信号后进行计算,产生并分配触发信号给每个相机和照明单元,是串行设备。

1.3 检查服务器 PC

检查服务器 PC 的硬件配置为 Dell PowerEdge 1800 服务器, Intel Xeon 3.0 Gb/s CPU, 2 GB RAM, 80 GB 硬盘。为了存储图像数据,还配有 640 GB 硬盘和 DVD-RW 光驱。其软件配置为 MS Windows Sever 2003 操作系统, MS SQL 2000 (MSDE) 数据库, Parsytec HTs5.0 应用软件。

1.4 终端机

调试终端 1 台,其配置为 P, 3.0 Gb/s CPU, Windows XP 操作系统。检查终端 2 台,其配置为 HP T5520 瘦客户机。其中一台安装在现场质量检查台,供质量检查人员使用;另一台安装在技术部质量中心,用于远程监控。终端机可显示当前表面质量信息,并可与 Espresso-SI 系统交互操作。

2 表面缺陷检查的实现

上、下表面传感器通过 CCD 相机获得整个板宽的实时缺陷图像,通过千兆网传输到相机计算机和检查服务器 PC 中。相机计算机首先进行缺陷图像特征值的分析和计算,并由智能分类器根据相关特征值进行缺陷的分类处理;然后在检查服务器 PC 中进行后处理并形成最终的缺陷信息。全部表面缺陷检查数据将存储在服务器 PC 中,以便今后使用。质检人员通过终端机可查看每卷带钢的缺陷信息,包括实时缺陷信息和历史缺陷信息。服务器 PC 将每个钢卷的判定等级实时发送给生产线二级系统。

2.1 同步控制

在整个系统中,CCD 相机首先需要获得清晰的图像。但即使采用最短的曝光时间(典型的为 $1/10\,000 \text{ s}$),对于大多数的表面缺陷检测还是不够短,检测图像不可避免地将产生模糊现象。为了解决这个问题,我们使用频闪灯作为光源,闪光是在快门打开其间发出的,并且闪光持续时间比

快门打开的时间短很多,一般在 $5 \sim 10 \mu s$ 。为了避免其他光线的影响,我们在相机镜头前加了红外透光滤片,以使频闪光源成为主导光源。根据对记录图像照明结果的评估,照明控制系统将自动优化光照总量。这样可以保证图像的曝光时间始终足够短,以防止图像模糊。

为了提高相机的工作效率及系统的利用率,有必要根据带钢运行的速度(由速度编码器检测)来控制相机拍照的时间。因此,相机的触发不仅要与频闪灯同步,还要与板带速度、相机计算机同步。同步由同步盒来完成,同步网络如图 2 所示。

2.2 智能分类器

所谓分类就是把检测到的缺陷指定到一个相应的缺陷类中。在 Espresso-SIHTs5.0 表面缺陷检查系统中,对缺陷进行分类和处理是由自动分类器、可视分类器、在线后处理、离线后处理几个软件模块及知识库、表面质量数据库来完成的。这些互相结合、分阶段对缺陷进行分类处理的软

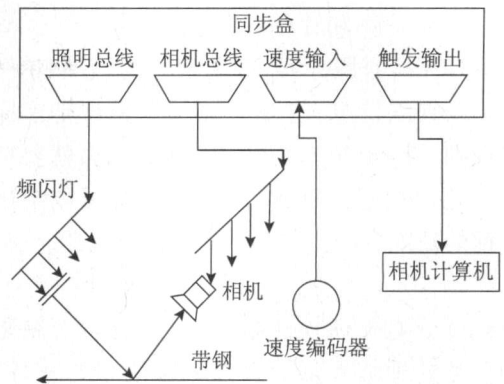


图 2 同步网络

Fig. 2 Synchronization network

件模块和数据库总称为智能分类器。该智能分类器采用链式结构按顺序执行它所包含的模块,这些模块通过接口互相通信,所有模块都集成到一个动态连接程序库。智能分类器的体系结构如图 3 所示。

相机计算机首先完成缺陷图像的检测并进行

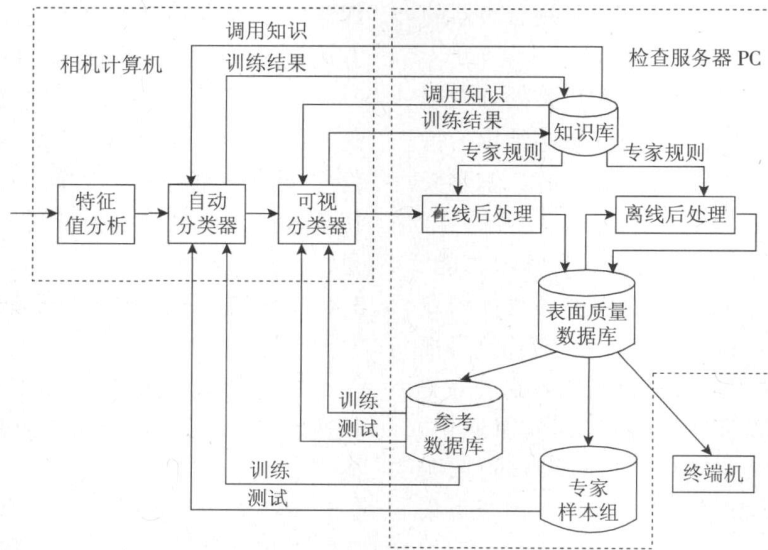


图 3 智能分类器的系统结构及控制原理

Fig. 3 System structure and control principle of intelligent classification

评估,然后分析提取特征值并进行特征值计算。Espresso-SIHTs5.0 表面缺陷检查系统支持 800 多种特征值,其中有许多是 Parsytec 专门开发的。

自动分类器根据缺陷特征值的计算结果对缺陷进行分类,它可完成复杂的分类作业。在分类过程中,它将自动选择、匹配特征值,从总体上对缺陷进行分类,如划伤、空洞、辊印等等。自动分类器集成了 Parsytec 公司的许多 know-how 技术,它可以对所有检测到的缺陷进行分类处理。

可视分类器是作为自动分类器的“助推器”来使用的。它基于有限的更加详细的分类规则,针对某些特殊缺陷进行更加细致的分类处理。可视分类器具有对于自动分类器的个别不足之处加以改善的功能。

所有在相机计算机上无法使用的缺陷信息如缺陷的位置、外形尺寸等都要送到后处理过程来处理。在线后处理是在各个相机计算机上单独执行的,它实时调用专家规则宏库的专家规则,可以

完成复杂的运算和评估,其功能十分强大。离线后处理是在检查服务器 PC 上执行的,它从单个相机上读取缺陷信息,准及时使用专家规则宏库的专家规则。对于相当复杂的分析作业,就要使用离线后处理功能。经过后处理,系统可以给出整卷带钢的缺陷分布图、表面质量等级、缺陷统计报表等。

经过分类处理软件处理后,所有表面缺陷图像和分类处理结果都储存在表面质量数据库中,通过 OD IS 操作软件可以在终端机上在线实时显示这些图像和数据。自动存档功能将对这些表面缺陷数据进行连续备份以便长期存储,有关人员可以方便地查阅这些信息。

专家样本组存储所有已收集并定义好分类和缺陷等级的标准缺陷样本,它是自动分类器训练的基础。参考数据库则存储从表面质量数据库中取出的缺陷样本,这些缺陷样本已经由用户进行正确的分类并确定其缺陷等级,它可以用于训练可视分类器,或者用于自动分类器、可视分类器的性能测试。

知识库存储所有已经定义好的分类处理规则和算法。专家规则是针对一些特殊缺陷给出的特殊分类规则,如 3 个相邻焊缝之间的缺陷、钢卷头尾的“空洞”等。

自动分类器和可视分类器都具有学习功能。质检人员应用培训工具软件,使用现场收集的专家样本和参考数据,可以完成对自动分类器、可视分类器的进一步训练学习。经过训练得到的分类处理规则存储在知识库内,供分类器实时调用。这样就可以使得在特定条件(如带钢材质、照明等)下建立起来的智能分类器更好地应用于每条特定的生产线了。

3 常见问题及对策

在设备安装调试及使用过程中,我们遇到许多问题,现对一些主要问题和解决方法归纳如下。

3.1 传感器箱

该表面缺陷检查仪安装在连续退火生产线的出口,因全线每月停机检修一次,因此上、下表面传感器箱灰尘较多,无疑会影响图像检测质量。

解决方法是:(1)维护人员要尽可能利用出口段的停机时间,认真对传感器表面除尘。(2)在每次检修结束后,要确认将传感器箱拧紧,以避免灰

尘进入。(3)在现场传感器处,增加防尘水晶帘,同时加设压缩空气吹扫头,以便吹开上、下表面传感器上的灰尘,但务必保证压缩空气无尘、无水、无油。

3.2 屏幕出现许多带黑框的缺陷图像

在调试初期,电脑屏幕上可能会出现许多带黑框的缺陷图像。其实这部分图像是系统还没有定义的缺陷。

解决方法是:(1)质检人员认真收集缺陷图像,不断完善专家样本组。根据用户对钢板质量的需求,质检人员认真定义缺陷检测的种类。专家样本组的收集与完善是一项长期复杂的工作,尤其是对于较小的、难以定义的缺陷。(2)确认目前生产的是否是新钢种。若是,就要修改分类器的参数设置。

3.3 系统正常工作时画面显示的钢卷号与实际不符

出现该现象的原因可能是服务器没有接收到焊缝信号,无法获得换卷信息;或者是,服务器没有接收到剪切信号,无法识别母卷、子卷所致。

解决方法是:(1)检查焊缝信号接收继电器是否正常工作,确认一级 PLC 是否正常输出焊缝信号,确认焊缝检测仪工作是否正常。(2)检查剪切信号接收继电器是否正常工作,确认一级 PLC 是否正常输出剪切信号。

3.4 检查服务器 PC 重启后画面显示的钢卷信息不正确

检查服务器 PC 重新启动后,画面可以显示带钢速度和缺陷信息,但相应的钢卷信息 PDI 不正确。

解决方法是:等待下一个焊缝信号的到来,当下一个焊缝信号到来后,系统将自动匹配钢卷信息;否则,检查系统是否接收到焊缝信息。

3.5 更换相机计算机后系统不能正常工作

当更换相机计算机备件后,系统仍然提示相机计算机故障,其原因是相机计算机的 IP 地址不正确。

解决方法是:由于紧凑型 PC 计算机不能存储任何数据,因此 IP 地址由检查服务器 PC 上的 DHCP 服务器软件指派。为了确保相机计算机一直获得相同的 IP 地址,在 Espresso-SI 系统上的每个相机计算机板都必须在 DHCP 服务器软件上配置地址,即删除旧相机计算机的地址,并替换为新

相机计算机的保留地址。

3.6 画面图像突然变得很暗

当系统正常工作时,画面图像突然变得很暗。

解决方法是:(1)检查照明电源或 LED 照明板是否异常。(2)检查编码器是否故障或信号传输是否错误。(3)使用画面上的“Light”按钮,将照明亮度手动加大,若得到更亮的图像,说明照明控制有问题。

4 结束语

该系统自 2008 年 1 月投运以来,运行状态良好,性能稳定可靠。该系统可对连续退火机组带钢生产的全过程实施实时、在线、连续的表面缺陷检测。它不但可以自动完成整个带钢宽度(包括边部)上、下表面的缺陷检测,而且可对所有指定的缺陷进行自动检测、快速分类,并给出缺陷的名称、尺寸、位置及整个钢卷的表面缺陷判定等

(上接第 37 页)

(2)高炉煤气动态仿真系统可对高炉煤气系统结构的评估提供参考。

(3)高炉煤气动态仿真系统不仅可表现煤气某段时间的平衡情况,还可对高炉煤气的瞬间动态平衡情况进行展现,可用来分析高炉及煤气用户生产发生变化对煤气动态平衡带来的影响,为煤气调度提供有效的分析手段和方法。

(4)高炉煤气动态仿真系统可对用户的调度

(上接第 46 页)

操作曲线可以设定为对真空罐循环烘烤,即最后一条曲线运行完成后,自动回到第 1 条曲线重新运行。当点火器点火失败时,煤气、氧气阀门关闭,同时氧枪保护气体阀门打开。处理过程中会对各种信号进行检测,如煤氧实际配比,煤气、氧气压力等。出现异常或人为终止时,煤气、氧气阀门关闭,氧枪提升到停枪位,同时氧枪保护气体阀门打开。

4 应用效果

此系统于 2004 年在国内某大型钢厂 RH 炉真空系统投产以来,运行稳定、控制效果良好,在转炉终点碳 $[C] = 0.04\% \sim 0.06\%$ 的条件下,经吹氧 1~3 min,强制脱碳 15~19 min,可获得 $[C] = 0.0010\% \sim 0.0020\%$ 的超低碳钢;加铝化学升温速度可达到 $6.2 \sim 6.9$ /min,耗铝量 $0.030 \sim 0.034$

级。

该系统的成功应用,减少了质检人员的工作强度,保证了缺陷检测的及时性和准确性;相关人员可以清楚地了解带钢表面的质量信息,从而可以快速查找出缺陷产生的原因,特别是周期性缺陷,从而大大提高了产品质量的合格率和优质率。

参考文献:

- [1] 杨水山,何永辉,王振龙,等. 带钢视觉检测系统的研究现状及展望 [J]. 冶金自动化, 2008, 32(2): 5-9.
YANG Shui-shan, HE Yong-hui, WANG Zhen-long, et al. Development and perspective of automatic strip surface inspection system based on machine vision [J]. Metallurgical Industry Automation, 2008, 32(2): 5-9.

[编辑:沈黎颖]

方案进行展示,为调度方案的评估提供参考。

参考文献:

- [1] 李文兵,纪扬,李华德. 钢铁企业煤气产生消耗动态模型研究 [J]. 冶金自动化, 2008, 32(3): 28-33.
LI Wen-bing, JI Yang, LI Hua-de. Dynamic models for gas output and consumption in iron and steel company [J]. Metallurgical Industry Automation, 2008, 32(3): 28-33.

[编辑:夏宁]

kg/(t·),耗氧量 $0.020 \sim 0.028 \text{ m}^3 / (\text{t} \cdot)$,最高可升温 80 ;烘烤真空罐时真空罐最高温度可达 1300 ,升温速度可达 37.5 /h,满足了超低碳钢的钢水要求。

整体来讲,RH 炉控制水平可靠、稳定,与国外同类型 RH 炉相比已经处于同一水平线上。但在提高控制精度和更完备的故障处理过程还有需要完善的地方,此外,国内的大量成功应用为开拓海外市场奠定了良好的基础。

参考文献:

- [1] 高泽平,贺道中. 炉外精炼 [M]. 北京:冶金工业出版社, 2005.
[2] 袁章福,潘贻芳. 炼钢氧枪技术 [M]. 北京:冶金工业出版社, 2007.

[编辑:魏方]