

· 系统与装置 ·

RH 炉多功能氧枪系统控制

张 巍, 俞 江, 方树飙

(北京金自天正智能控制股份有限公司 炼钢工程部, 北京 100070)

摘要:为满足某大型钢厂引进的 RH 炉的控制要求,开发了 RH 炉控制系统。系统包括基础自动化、供配电、监控和网络系统。其中,多功能氧枪控制是基础自动化系统的核心部分,采用变频器完成氧枪的驱动控制,PLC 完成设备的逻辑控制。系统投产至今,运行稳定,控制功能良好,满足了超低碳钢钢水的各项工艺要求。本文重点介绍 RH 炉多功能氧枪的基本结构,控制系统构成,氧枪主要功能、控制流程等,并给出了控制指标。

关键词: RH 炉;氧枪;控制系统;控制流程

中图分类号: TF761⁺.2; TP273 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-7059(2009)02-0043-04

RH furnace multifunctional oxygen lance control system

ZHANG Wei, YU Jiang, FANG Shu-biao

(Steelmaking Engineering Department, Beijing Aritime Intelligent Control Co., Ltd., Beijing 100070)

Abstract: In order to meet requirement of control for imported RH furnace in a large-scale steel plant, a RH furnace control system was developed. The system includes basic automation, power supply system monitoring system and network system. Among them, multifunctional oxygen lance control is the core of basic automation system. Oxygen lance drive is controlled by inverter, and PLC is adopted to complete logic control of equipment. Since the system was put into operation, running was stable, control function was good, and it meets all process requirement of ultra-low carbon liquid steel. Basic structure of RH furnace multifunctional oxygen lance, composition of control system, main functions and control process of the oxygen lance are introduced, and control index is given.

Key words: RH furnace; oxygen lance; control system; control process

真空精炼冶金技术的开发主要源于钢水脱气的需要。在钢水凝固过程中,氢在钢中的溶解度明显降低,氢气沉积并以分子形式存在,这种氢气的沉积,会大大降低钢材的质量。为了满足市场对高质量钢材的需求,RH-TB 脱气工艺应运而生,RH 顶吹氧技术是在 RH 基础上增加少量设备发展起来的,它具有操作容易、冶炼优势显著等特点。RH 顶吹氧有 KTB 和 MFB 两种类型。KTB 法是 1989 年由日本川崎钢铁公司开发,通过 RH 真空室上部插入真空室的水冷氧向 RH 真空室内钢水表面吹氧;MFB 法是指 1972 年由日本新日铁广畑制铁所开发的多功能喷嘴的真空顶吹技术,

从氧枪供给燃气或氧气,可以进行预热,也可以进行吹氧脱碳和加铝吹氧升温^[1]。我国某钢厂新建 RH 炉,设备从德国 SMS-MEVAC 引进,配备 MFB 型多功能氧枪,于 2004 年顺利投产。

1 多功能氧枪构成

RH 炉多功能氧枪系统^[2]包括:氧枪摆动装置,冷却水系统,枪体(通保护气体(N₂,Ar),氧气(O₂),煤气(CO)),氧枪密封圈,紧急提枪系统。RH 炉多功能氧枪的主要功能有:强制脱碳,化学升温,CO/CO₂ 二次燃烧,真空罐烘烤,去除冷钢。

2 控制系统组成

RH 炉控制系统包括:1 套 RH 炉本体控制

收稿日期:2008-12-15;修改稿收到日期:2009-01-07

作者简介:张 巍(1977-),男,河南新乡人,工程师,主要从事炼钢自动控制系统的研究、设计和现场实施工作。

PLC, 1套加料控制 PLC和 1套除尘控制 PLC。RH 氧枪控制在本体 PLC中实现,化学升温时加入 A1 粒的控制有加料 PLC中完成,两套 PLC之间通过

工业以太网进行通信。控制系统结构配置见图 1。氧枪升降驱动由变频器完成,本体 PLC通过现场总线与变频器通信,完成氧枪的升降控制。

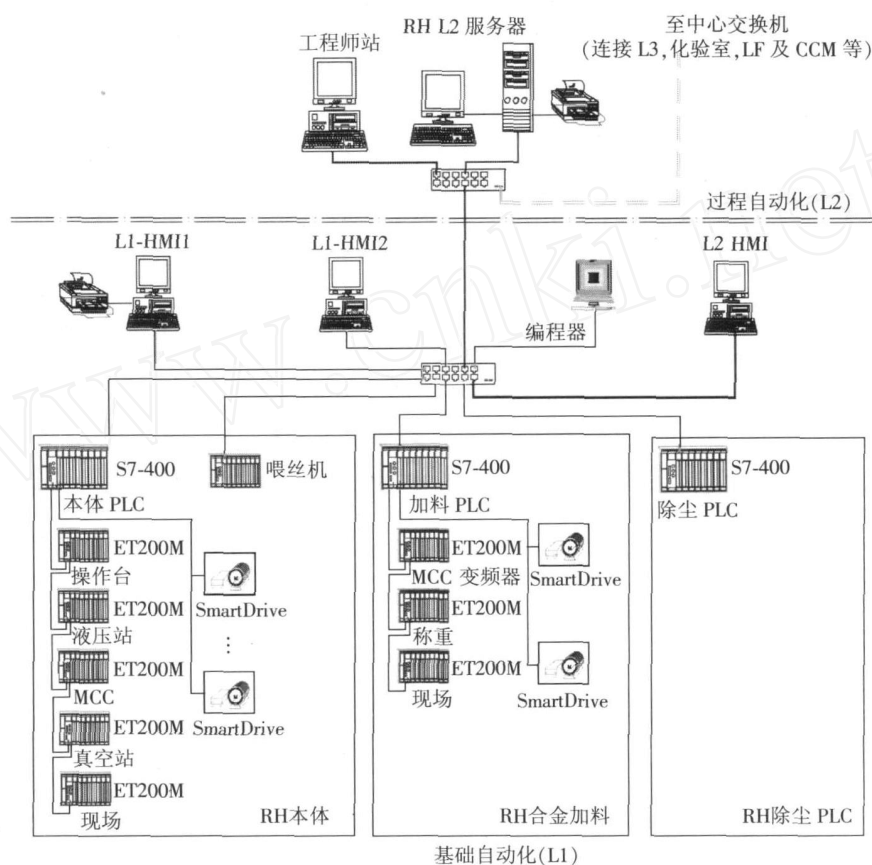


图 1 控制系统结构

Fig. 1 Control system structure

3 控制流程

3.1 氧枪升降控制

氧枪升降控制主要包括:密封圈打开、关闭,氧枪摆动,氧枪抱闸,氧枪速度给定,防止溜枪保护,紧急情况提枪等控制。

(1)密封圈打开、关闭控制。RH炉采用充气式密封圈,在真空处理时,氧枪升降密封圈放气,运行到位时充气密封。RH不处理时,密封圈放气。

(2)氧枪摆动控制。氧枪枪架有两个位置:换枪位和工作位,通过一个气动推杆控制。在工作位需要氧枪上升,枪头离开真空罐。枪架摆动到换枪位时,氧枪不能进行升降。

(3)氧枪抱闸控制、速度给定、防止溜枪保护这三项功能紧密相关。氧枪满足运行条件时,即变频器正常,密封圈压缩空气正常,氧枪位置编码

器正常,真空罐就位,氧枪保护气体(Ar 或 N_2)正常时,先打开抱闸,抱闸打开后给定速度,氧枪运行到位后,停止运行,抱闸。具体流程见图 2。

为防止溜枪,氧枪变频器力矩建立过程与抱闸紧密相关。当 RH本体控制 PLC发出氧枪运行指令后,变频器首先建立力矩,力矩建立起来后抱闸打开;如力矩未能建立起来,抱闸保持不动,终止氧枪运行过程,同时报警。力矩建立起来后,抱闸打开,此时如果不给定速度,氧枪将会悬停;给定速度后,氧枪按设定值上下运行。氧枪运行位置通过编码器进行定位,达到设定高度后,速度设定为 0;氧枪停止运行后,抱闸,此时变频器才能撤除力矩,运行过程完成。通过调试,氧枪启动、运行、停止都非常平稳,达到工艺要求的氧枪运行速度,定位精度达到 $\pm 5 \text{ mm}$ 。变频器与 RH本体 PLC通过现场总线进行数据交换,PLC向变频器

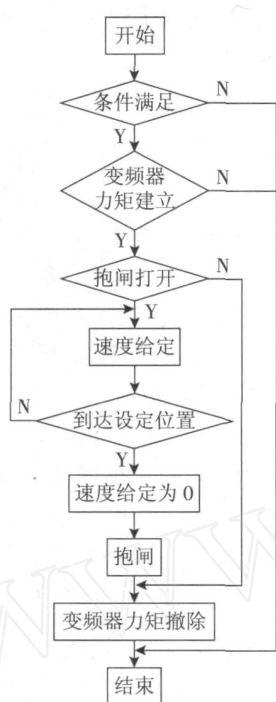


图 2 氧枪升降流程

Fig. 2 TOP lance running process

传送设定参数,然后由变频器完成上述功能。

在氧枪下降时,变频器首先建立向上的力矩,然后打开抱闸,力矩逐渐减小,氧枪加速向下运行,到达设定速度时,力矩恒定;氧枪停止时,力矩增加,当与氧枪重力相抵消时,抱闸,力矩撤销。变频器力矩建立过程如图 3 所示。

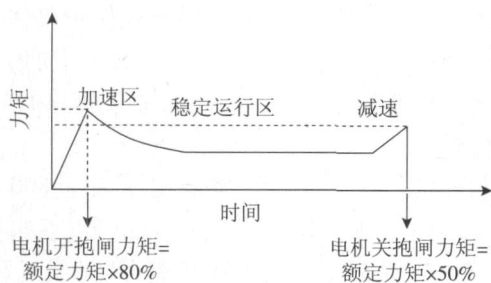


图 3 氧枪下降力矩建立过程

Fig. 3 TOP lance torque building for down process

在氧枪上升时,变频器首先建立向上的力矩,然后打开抱闸,氧枪向上启动时需要的力矩大于氧枪重力,启动后,所需力矩降低,经过加速区到达设定速度时,稳定在一定力矩运行;氧枪停止时,力矩继续减小,当与氧枪重力相抵消时,抱闸,力矩撤销。变频器力矩建立过程如图 4 所示。

此外,在氧枪运行过程中,还具有失速保护功能。失速保护公式为:

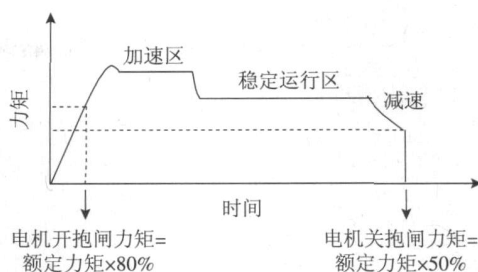


图 4 氧枪上升力矩建立过程

Fig. 4 TOP lance torque building for up process

$$\frac{H_2 - H_1}{T_s} \geq (1.5 \sim 2) V_0$$

式中, H_1 , H_2 为位置采样点 1, 2; T_s 为采样时间; V_0 为速度设定值。

氧枪控制程序在采样时间 T_s 内,根据氧枪位置编码器分别在 H_2 和 H_1 采样,在这段时间内实际速度是设定速度 V_0 的 1.5 ~ 2 倍时,立刻撤消速度给定,然后抱闸。在主操作台和炉前操作台分别设置有急停按钮,急停信号通过硬线直接送给变频器和 PLC。

(4)紧急情况控制。如果出现紧急情况,如氧枪动力电源和正常电源断掉,则采用氧枪紧急提枪装置,将氧枪从真空罐中提出,紧急提枪装置由一个气动马达驱动。液压站通过蓄能器的压力将钢包降到地面。

3.2 氧枪控制

多功能氧枪控制主要功能包括:强制脱碳, CO/CO_2 二次燃烧,化学升温,真空罐烘烤,去除冷钢。从控制角度讲,真空罐烘烤和去除冷钢控制流程类似。

3.2.1 强制脱碳

用氧枪进行大流量吹氧,可以实现钢水的强制脱碳。钢包车顶升到位后,真空系统启动,当真空度小于 20 kPa 时,可以进行强制脱碳操作。操作员在 HM 终端台上根据操作规程选择氧枪保护气体 (Ar 或 N_2) 并设定氧气流量、吹氧总量和氧枪位置,也可以由二级系统设定好后传送到 PLC 执行。

当条件都正常时,点击“启动”按钮,氧枪将自动运行到设定位置点,同时氧气阀门打开,调节氧气流量到设定值,氧气运行到设定点后停止,统计吹入氧气的总量,当其等于设定吹氧总量时(或人为终止处理过程),氧气阀门关闭同时氧枪提升到停枪位,氧枪保护气体打开。控制流程如图 5 所示,其它控制过程类似。

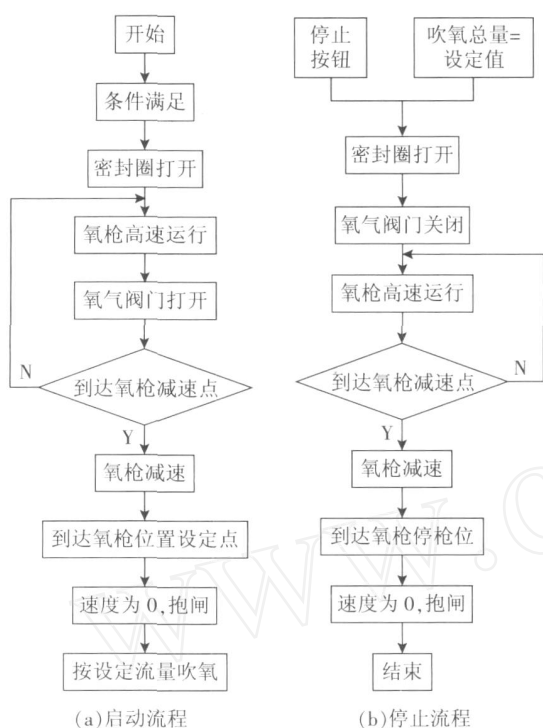


图 5 氧枪运行流程

Fig. 5 TOP lance running process

在控制过程中,设有各种安全保护检测,当真空度和氧气压力出现异常时,自动终止处理过程,关闭氧气、提升氧枪。当人为按下“急停”按钮时,氧枪立刻停止运行,关闭氧枪阀门,等待人工干预操作。

3.2.2 CO/CO₂ 二次燃烧

CO/CO₂ 二次燃烧控制与强制脱碳启动条件基本相同,不同之处在于控制流程按照设定好的操作曲线进行,根据工艺要求在操作曲线表内设定吹氧流量、吹氧时间和氧枪位置,吹氧启动后氧枪自动运行到第 1 步设定的位置,按设定值吹氧开始计时,时间到后氧枪运行到第 2 步设定的位置,按第 2 步的设定值调节氧气流量的同时开始计时,依此类推,最后一步结束后,关闭氧气阀门,氧枪提升到停枪位。从控制角度讲,强制脱碳控制的中心对象是氧气流量和吹氧总量,只要将氧气流量控制到设定值,累计吹氧量等于吹氧设定总量就完成目标;而二次燃烧控制的中心对象是氧气流量和吹氧时间,在一定的氧气流量时统计吹氧时间,到了设定时间,氧枪运行到其它设定位置,重复这一过程,直到按燃烧曲线的 9 个步骤完成所要求的工艺操作。

在控制过程中,安全保护检测和中断操作流

程与强制脱碳流程相同,不再赘述。

3.2.3 化学升温

在大流量吹氧的同时,钢水加铝可以实现钢水升温。除了根据工艺要求设定吹氧流量、吹氧总量和氧枪位置外,还要设定加入铝的重量。启动开始后,氧枪自动运行到设定位置点,同时氧气阀门打开,调节氧气流量到设定值,计算吹氧的总时间,根据吹氧所需时间将铝粒均匀加入到钢水中,达到设定吹氧量时铝粒也加入完毕,关闭氧气阀门,氧枪提升到停枪位。

加入铝粒的过程由本体 PLC 与加料控制 PLC 合作完成,RH 本体 PLC 根据吹氧时间和加入铝粒的总设定值,依据在吹氧期间均匀加入铝粒的原则,发出加铝命令(包括开始加铝指令和本次加入的铝粒重量设定值)给加料 PLC,然后由加料 PLC 控制真空加料过程。

在控制过程中,安全保护检测和中断操作流程与强制脱碳流程相同,不再赘述。

3.2.4 真空罐烘烤和去除冷钢

氧枪通入煤气和氧气实现真空罐烘烤和去除冷钢功能。氧枪在预定位置,向已经预热的真空罐通入高压煤气和氧气,通过自动点火器将煤气点燃。当烘烤完成后自动停吹,并提升氧枪到待机位。氧枪在完成预定功能后关闭氧气和煤气阀门,此时氧枪保护气体自动输入,吹扫氧枪中的残存煤气以确保安全。

操作员在 HM 终端上选择氧枪保护气体(Ar 或 N₂),根据工艺要求设定操作曲线,操作曲线需要设定煤气流量、煤氧配比、每条曲线操作时间和氧枪位置。

当外围条件正常时真空罐温度大于 800℃,真空主阀门关闭,煤气、氧气压力正常,点击“启动”按钮,点火命令送给点火控制器,将氧气和煤气流量设定在点火流量,点火控制器将煤气引燃。如果检测到火焰并且稳定,氧枪将按照操作曲线运行,氧枪运行到设定位置点,将氧气、煤气流量按照煤氧配比调节到设定流量,开始烘烤计时,烘烤时间到,氧枪向第 2 条曲线设定位置运行,同时氧气、煤气流量按照煤氧配比调节到第 2 步设定流量,开始烘烤计时,以此类推,当运行完所有烘烤曲线时,氧枪高速提升到停枪位,同时关闭煤气、氧气阀门,氧枪保护气体阀门打开。

(下转第 51 页)

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

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]

(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

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]

(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 条曲线重新开始运行。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 $[C] = 0.001\% \sim 0.002\%$ 的超低碳钢;加铝化学升温速度可达到 $6.2 \sim 6.9$ $^{\circ}\text{C}/\text{min}$,耗铝量 $0.030 \sim 0.034$

$\text{kg}/(\text{t} \cdot \text{min})$,耗氧量 $0.020 \sim 0.028 \text{ m}^3/(\text{t} \cdot \text{min})$,最高可升温 80 $^{\circ}\text{C}$;烘烤真空罐时真空罐最高温度可达 1300 $^{\circ}\text{C}$,升温速度可达 37.5 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$,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]