

·系统与装置·

RH 真空处理装置预热枪控制系统

秦 斌,高 爽,张文锋

(湖南工业大学 电气与信息工程学院,湖南 株洲 412008)

摘要: RH 预热枪系统的主要功能是烘烤真空槽和浸渍管。系统由基础自动化级和过程控制级两级系统构成,其中基础自动化级采用西门子 PLC 控制器和 WinCC 上位监控站。在分析了预热枪的工艺流程和控制要求的基础上,实现了按流量模式和曲线加热模式烘烤真空槽的功能。针对温度控制系统的大滞后特点采取了温度-流量串级 PD 控制方案,严格控制真空槽的升温速度,使真空槽的升温过程符合耐火材料的特性,达到了温度的精确控制。该系统已投入使用,运行情况良好。

关键词: 预热枪系统;串级 PD 控制;温度曲线;烘烤模式;RH 真空处理装置

中图分类号: TF769.4; TP273 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-7059(2009)03-0037-04

Control system of preheating burner for RH vacuum degassing device

Q N Bin, GAO Shuang, ZHANG Wen-feng

(School of Electric and Information Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412008, China)

Abstract: Main function of RH preheating burner is to bake vacuum tank and impregnation pipe. The system consists of basic automation level and process control level. In basic automation level, Siemens PLC controller and WinCC upper layer supervising station were adopted. Based on analysis of preheating burner process and control requirement, baking function of vacuum tank was achieved according to flow mode and curve heating mode. Because of large time delay of temperature control system, temperature-flow cascade PD control method was applied. To satisfy heating characteristics of refractory materials, it is necessary to control temperature rising rate of vacuum tank strictly. Therefore, precise control of temperature was achieved. The system has been put into operation, and operates in good state.

Key words: preheating burner system; cascade PD control; temperature curve; baking mode; RH vacuum degassing device

0 引言

RH 真空精炼工艺是炉外精炼技术的重要处理技术,具有处理周期短、生产能力大、精炼效果好、容易操作等优点。随着 RH 真空精炼设备和工艺技术的不断进步,RH 真空精炼设备已在众多炉外精炼中起到不可替代的重要作用^[1],在炼钢生产中获得了广泛应用。RH 精炼装置的预热枪系统主要完成烘烤真空槽和浸渍管的功能,是 RH 精炼系统的重要组成部分。为了使真空槽升温过程符合耐火材料的特性,必须严格控制真空槽的

升温速度。河北钢铁集团邯钢公司三炼钢厂 2007 年新建 RH 真空处理装置预热枪控制系统,由基础自动化级和过程控制级两级系统构成,其中,基础自动化级采用西门子公司 S7-400 PLC 控制器完成控制功能,采用 Smatic WinCC 监控软件开发操作界面,通过手动与自动、中央控制和现场控制相结合的方式实现按照两种方式烘烤真空槽的功能,达到了预热枪高效燃烧控制的目的。

1 工艺流程及控制要求

RH 真空处理系统采用标准双工位,共设置 2

收稿日期:2008-10-29;修改稿收到日期:2009-03-25

作者简介:秦 斌(1963-),男,湖南永州人,教授,博士,主要从事冶金自动化工程和研究工作。

个钢水处理位,每个处理位两侧各有 1 个预热位,每个预热位配置 1 把预热枪。真空槽一般在维修区烘烤到 600℃,再吊到预热位用预热枪进行加热(有时候直接吊到预热位从室温开始预热),预热时间一般为几个小时到几天,预热温度可以达到 1 450℃,再根据生产需要调换到钢水处理位。

预热枪烘烤装置由预热枪枪体、旋转装置、倾翻盖装置和点火枪装置组成。预热枪装置是由 4 层套管组成的枪体,内层通煤气、氧气和氮气,中间层通冷却水进水和回水,外层表面是钢管。1# 钢水处理位如图 1 所示。

预热枪点火一般在现场控制柜进行,根据火

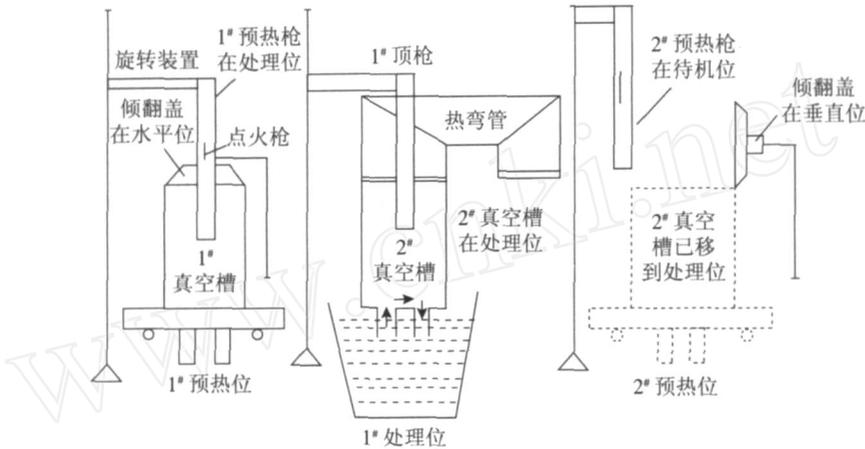


图 1 RH 预热枪 1# 工位示意图

Fig. 1 Scheme of 1# stand-by burner of RH vacuum degasser

焰监测器判断是否点火成功和正常燃烧。点火完成后进行温度控制,升温速度要严格按照耐火材料的特性来控制^[2],否则,升温过快容易造成耐火材料产生裂纹甚至脱落,相反过慢会影响生产的正常进行。

预热枪的烘烤可以分为预热、快速升温 and 保温三个温度段。如图 2 所示。对于新槽和修补后的槽,升温速度也不相同,新槽升温速度相对慢一些。温度曲线要根据不同的情况,由操作人员在画面上进行设定。

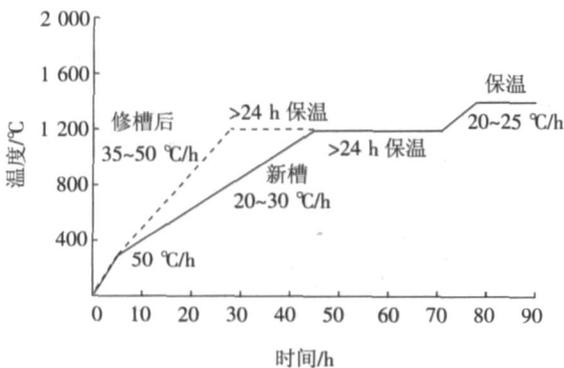


图 2 真空槽温度曲线示意图

Fig. 2 Schemes for temperature curve of vacuum sbt

2 预热枪烘烤模式

预热枪的烘烤可以按照两种模式烘烤真空

槽:一种是按照设定流量模式进行烘烤,即流量控制模式;另一种是按照预定的升温曲线自动进行烘烤,即曲线加热模式,两种模式之间可以无扰动切换。两种控制模式各有其特点,烘烤时可以根据实际需要选择不同的控制模式。

2.1 流量控制模式

流量控制模式是指在操作画面上直接设定煤气流量和氧气流量,对流量进行单独的 PD 调节,操作人员通过增加或减少流量的设定值来改变升温速度。这种模式的优点是控制简单,操作方便;缺点是不能很准确稳定地控制真空槽的升温速度。流量控制模式不适用于真空槽的长时间加热,一般用于点火完成后的初步调节或者调试期间。

2.2 曲线加热模式

预热枪曲线加热模式是一种根据设定的烘烤曲线,采用温度-流量串级 PD 方法来调节煤气和氧气流量的控制模式,由两级计算机控制系统共同完成。温度曲线由过程控制级给出,通过通信网络将温度设定值送到基础自动化级,基础自动化级则根据温度设定值自动调整煤气流量和氧气流量,从而控制真空槽的升温速度。为了达到最佳的燃烧效果,煤气和氧气流量必须保持一定比例^[3]。如果氧气流量过小,燃料不能得到充分

燃烧,致使热效率降低;相反,如果氧气量过多,多余的氧气会随废气一起排出,不仅造成热效率降低,还会造成真空槽壁的氧化,降低真空槽的寿命。经过反复实践,把煤气氧气比例设定在 1 0.8 左右,可以达到很好的燃烧效果。温度 - 流量串级控制系统如图 3 所示。

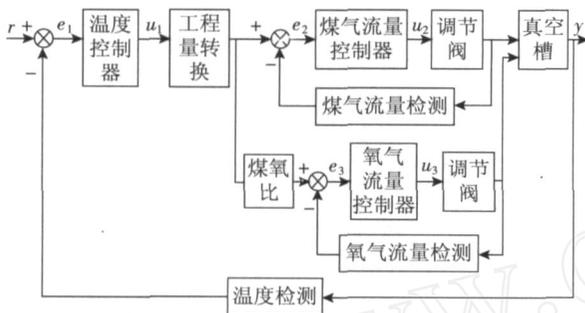


图 3 真空槽温度 - 流量串级控制系统

Fig. 3 Temperature-flow cascade control system for vacuum slot

r —基础自动化级温度设定值; u_1, u_2, u_3 —分别为温度控制器、煤气流量控制器和氧气流量控制器的输出值; e_1, e_2, e_3 —分别为偏差; y —真空槽温度

温度控制器根据实测温度,按照 PD 控制策略,产生一个输出。该输出经过工程量转换后作为煤气流量调节器设定值,调节煤气和氧气的流量。对于温度和流量控制器 PD 参数,根据试验得到的对象模型,采用粒子群优化算法^[4]进行参数寻优,将优化得到的 PD 参数用于相应的 PD 控制模块,实现 PD 优化控制。本系统中,温度控制器是主控制器,完成给定温度的跟踪调节,煤气流量控制器和氧气流量控制器是平行的副控制器,用来克服煤气及氧气压力等扰动对流量的影响,串级回路完成温度的精确稳定控制。

2.3 两种控制模式的切换

系统在两种模式之间切换时不能对烘烤过程有影响,应避免阀门开度大幅度的波动引起温度系统的震荡。解决的办法是当预热在曲线模式运行时,流量模式的煤气手动设定值自动跟踪煤气的实际流量,预热系统从曲线模式切换到流量模式时以当前值为流量设定值,操作员可以从当前值开始调整设定值。当系统处于流量加热模式时,要把温度值传送到过程控制级计算机,以便切换到曲线加热模式时,能从当前温度开始升温。

3 控制系统实现

本系统采用西门子公司的 S7-400 系列 PLC,

编程软件采用 Step 7 V5.3 软件。上位机组态软件采用 WinCC 6.0 完成监控画面的设计,通过现场总线和工业以太网完成设备间的通信。

3.1 系统控制方式

预热枪控制系统包括现场手动,中央手动和中央自动三种操作方式。现场手动控制通过现场操作箱在现场可以直接控制预热枪升降,倾翻盖和预热枪旋转机架在待机位和工作位之间的移动等;中央手动和中央自动方式在中央控制室进行,操作员通过监控软件进行操作,采用仪表、电气、计算机三电一体化的控制方式。中央手动控制方式一般用于调试过程中,可以完成预热枪的慢速升降控制、阀门的手动开或关、气体流量和压力的 PD 调节等;中央自动方式可以完成自动点火、按照流量模式或者曲线加热模式自动烘烤真空槽等功能。

3.2 预热枪烘烤过程

预热枪的烘烤过程是先将倾翻盖装置下降到水平位置并盖到真空槽上,旋转预热枪至待机位的正上方,然后慢速下枪到烘烤位置。这个过程一般是在现场完成的,然后检查条件并进行点火。点火前要打开冷却水管道,用氮气吹扫一段时间,防止管道内有残留煤气导致点火时发生危险。点火时打开煤气管道,打火枪开始点火。当火焰探测器检测到火焰之后,再打开氧气管道,进行流量调节,进入真空槽烘烤阶段。烘烤可以按照流量模式或曲线加热模式进行。点火失败或者燃烧结束后先打开氮气吹扫,再关闭煤气和氧气,最后将预热枪提到槽外,烘烤完成。预热枪中央自动烘烤的软件流程如图 4 所示。

3.3 安全控制策略

考虑到生产过程中的复杂情况,采用了以下安全控制策略:

(1)开始点火时煤气和氧气流量不能太大,流量太大,在短时间内会涌出大量的煤气,比较危险也容易污染环境。对此本系统采取分级控制的方法,即在刚开始点火时先设定一个较小的流量,过几秒后检查是否已点着火(通过火焰探测器反馈信号得出),如果没有点着,那么再逐渐增加流量,然后判断。如果经过一段时间(一般为 15 s)仍没有点着火,则报告点火失败,立即停止点火,并进行氮气吹扫。

(2)预热枪在加热过程中遇到一些突发情况,

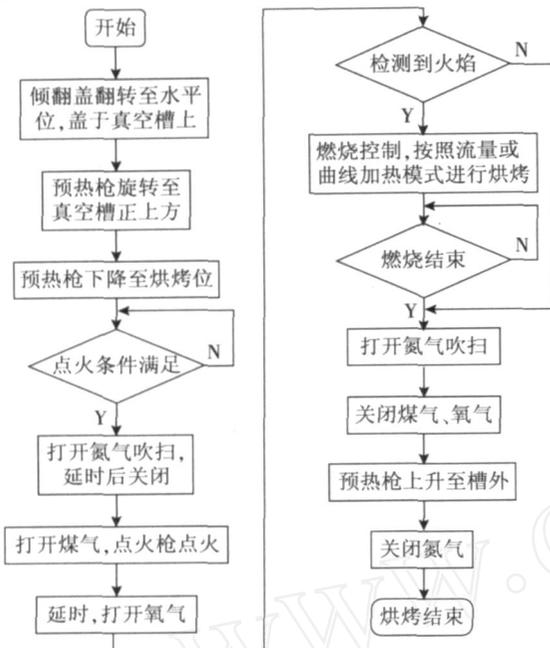


图 4 自动烘烤流程图

Fig. 4 Flowchart of automatic heating system

如断气、停水等情况要进行紧急提枪程序, 打开氮气进行吹扫, 同时提升预热枪到真空槽外。

4 运行结果

经过现场调试, 邯钢公司三炼钢厂的 RH 预热枪控制系统于 2007 年底投入运行。实际运行情况证明, 预热枪装置能够按照工艺的要求改变真空槽的升温速度, 操作人员可以根据不同的情况

选择现场和中央控制, 预热枪的安全控制策略有效保护了枪体等设备的安全。通过温度 - 流量串级 PD 控制, 精确稳定地控制了真空槽的升温速度, 实现了预热枪高效燃烧控制。该自动控制系统投入使用后, 运转正常, 具有良好的稳定性。

参考文献:

- [1] 吕 铭, 付 博, 孟宪俭, 等. RH 精炼炉工艺 [J]. 莱钢科技, 2007 (1): 10-13.
LÜ Ming, FU Bo, MENG Xian-jian, et al. The RH refining furnace process [J]. Laigang Science & Technology, 2007 (1): 10-13.
- [2] 严长权. 关于 RH 处理能力及耐火材料寿命的分析 [J]. 中国冶金, 2007, 17 (11): 27-28, 52.
YAN Chang-quan. Analysis of RH capacity and lifetime of refractory [J]. China Metallurgy, 2007, 17 (11): 27-28, 52.
- [3] 刘红军, 万道春, 宁奎凤, 等. 加热炉高效燃烧控制系统设计与应用 [J]. 山东冶金, 2007, 29 (2): 66-67.
LÜ Hong-jun, WAN Dao-chun, NING Luan-feng, et al. Design and application of high efficiency combustion control system for the heating furnace [J]. Shandong Metallurgy, 2007, 29 (2): 66-67.
- [4] Kennedy J, Eberhart R C. Particle swarm optimization [C] // Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks IV. Piscataway: IEEE, 1995 (4): 1 942-1 948.

[编辑:魏 方]

钢铁企业冶金煤气动态预测与优化调度技术项目通过技术鉴定

2009 年 2 月 6 日, 钢铁企业冶金煤气动态预测与优化调度技术项目通过了由中国金属学会组织的技术专家评价会鉴定。

技术评价委员会认为由冶金自动化研究设计院和江苏沙钢集团有限公司完成的“钢铁企业冶金煤气动态预测与优化调度技术”项目有机融合机理分析、混合建模和线性规划技术, 率先研究开发了钢铁企业冶金煤气动态预测与优化调度技术, 并成功应用于年产千万吨级钢铁联合企业。

项目主要创新成果为: (1) 针对钢铁企业各生产单元煤气流量波动特性受静态因素和动态因素双重影响的特点, 提出了综合运用煤气实时数据和生产过程信息分段动态预测建模方法, 预测结果合理准确; (2) 研发了集能源预测、专家系统、调度模型等为一体的冶金煤气优化调度系统, 对生产过程异常情况反应快速, 适用性强; (3) 采用标签作为冶金多种能源介质数据的表示方式, 形成了自主开发的钢铁企业过程数据集成平台, 提高了过程数据的安全性能和维护效率。申请发明专利 3 项 (已授权 1 项), 获得国家软件著作权 8 项。

研究开发的煤气动态预测和优化调度系统在沙钢集团有限公司已投入运行一年半, 运行稳定可靠, 煤气的发生量和消耗量小时预测平均误差小于 10%, 高炉煤气放散率降低至 1.8%, 转炉煤气放散率降低至 1.1%, 焦炉煤气实现零排放, 节能减排的社会和环境效益显著, 年直接经济效益达 1 502 万元, 并应用推广到 3 家钢铁企业。

技术评价委员会一致认为该项技术达到了国际先进水平, 具有良好的应用推广前景。建议进一步开拓国内外市场, 在新建和改造工程中扩大应用。

(冶金自动化研究设计院 科研发展规划部 彭宪建)