

真空感应炉自动监控系统的应用

李万青¹, 何永亮¹, 刘静岩¹, 窦博¹, 严增男¹, 吴锋²

(1. 沈阳铸造研究所有限公司, 辽宁沈阳 110022; 2. 葫芦岛渤海船机工程有限公司, 辽宁葫芦岛 110000)

摘要: 真空感应炉主要是以生产高熵合金、高温合金、钛合金等高质量特种合金材料为主的真空冶炼设备, 其自动监控系统采用PLC及触摸屏完成真空熔炼过程的自动监测与控制, 自动实现各元器件间的逻辑动作、增压泵油温控制, 以及安全防护监测, 在满足生产工艺技术要求前提下, 使真空感应炉达到最优的控制状态, 整体系统操作方便, 运行安全稳定, 维护便捷。自动监控系统对安全生产以及产品质量提高起到了重要作用。

关键词: 真空感应炉; 区间温度; PLC

我国自20世纪60年代以来, 真空感应熔炼技术已得到迅速的发展。真空感应熔炼技术是在真空或保护气氛状态下负压条件下进行加热、熔化、精炼、合金化以及浇注的熔炼技术方法。全部熔炼过程是在与大气隔离的条件下进行的, 避免了大气对金属液的污染。钢液在真空下精炼, 能显著地提高其纯度并能准确地控制钢的化学成分。真空感应炉是生产高熵合金、高温合金、钛合金等高质量合金、精密合金、超高强度钢和特种钢的重要的真空冶炼设备。真空感应炉按用途可分为: 真空感应熔炼炉、真空烧结炉、真空感应钎焊炉、真空透热炉等多种真空感应设备^[1]。真空冶炼成套设备和其他类型电炉相比较, 优点主要是加热速度快, 设备生产率高, 氧化损失少, 电磁搅拌强, 良好的脱气以及合金成分均匀化。真空感应炉控制复杂, 实时监控数据多, 自动监控系统通过程序设定, 实现对真空感应炉的中频电源、各个阀门、气路、水路、炉体部分的自动控制。设计的真空感应炉自动监控系统具有自动监控、实时记录、报警输出等功能, 使真空感应炉运行更加安全稳定。

1 真空感应炉自动监控系统的架构

1.1 真空感应炉整体构成

如图1所示, 真空感应炉主要由封闭水冷系统、中频电源系统、真空炉体系统、气源系统、锭模系统、抽真空系统等组成。封闭水冷系统为中频电源系统提供冷却, 控制开炉时中频电源水管内水温不能超过65℃, 确保中频电源内可控硅元件的安全工作; 中频电源系统炉体感应圈供电, 利用电磁感应原理使感应圈内的金属发热; 真空炉体系统, 提供了规定真空度状态下的熔炼金属环境, 熔炼之前, 先把炉料密闭容器罐内抽成真空后, 中频电源系统再为感应圈供电, 在真空状态熔炼出高质量的金属液。真空炉体上配有辅助加料室, 用于补料或配料。抽真空系统是由各种阀和泵组成, 把真空炉体内抽到工艺要求的真空状态。

1.2 真空感应炉自动监控系统

真空感应炉监控系统框图如图2所示, 编码器检测是对炉体翻转与出金属液的控制, 传感器检测是对中频电源电流、电压、频率、功率及冷却水温度、压力、流量的检测, 监控器系统完成真空度显示和炉内监控功能, 阀体控制是通过PLC程序自动对阀门和泵进行控制。

作者简介:

李万青(1979-), 女, 高级工程师, 研究方向为冶炼炉的自动控制系统。
E-mail:liwanqinglwq@126.com

中图分类号: TG232.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2021)02-0265-03

收稿日期:

2020-05-26 收到初稿,
2020-11-17 收到修订稿。

2 监控系统各部分的功能和硬件组成

PLC控制系统是整个真空感应炉控制的核心部分，真空感应炉通过PLC运算、发出指令实现自动控制。PLC选用的西门子S7-300，其属于同类设备中较高级的产品，具有运算速度快、精度高、抗干扰能力强、性价比高等优点。真空感应炉操作面板采用触摸屏，实现对各个阀控制的操作、显示数值、记录曲线、显示报警等功能，触摸屏选用MCGS触摸屏，便于同S7-300通讯连接。编码器用于炉体转动角度的测量，其测量数据经过PLC采集运算后转换成对应的炉体角度，编码器选用欧姆龙品牌。传感器实现温度、压力、流量检测，所有模拟量和开关量通过PLC进行实时采集运算后用于控制。

3 真空感应炉监控系统软件实现方法

真空感应炉熔炼从固态原料或废钢熔化开始，经过熔化期、精炼期、合金化期、浇注四个阶段，整个过程全部在真空室内完成，工艺过程高度紧凑集中，生产周期是现在流程的1/2左右。真空感应炉监控系统编程应用了两种软件STEP7-V5.5和MCGS-7.2，其中STEP7-V5.5是实现下位机PLC的数据采集与控制功能的编程软件，MCGS-7.2是上位机组态界面的编程软件，实现上位机组态和数据显示与操作控制功能的编程（图3），整个真空感应炉触摸屏操作界面，它包括主加料室、真空室、锭模车、泵的控制、阀的控制。真空感应炉触摸屏的操作界面和实物一一对应，布局清晰、操作便捷、安全可靠。

图4所示存盘记录。监控系统具有数据的存盘与导出功能，可实现历史数据记录、统计报表等重要数据

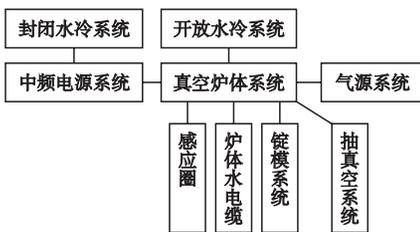


图1 真空感应炉整体构成

Fig. 1 Overall structure of vacuum induction furnace

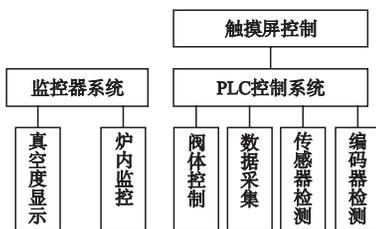


图2 真空感应炉监控系统框图

Fig. 2 Monitoring system block diagram of vacuum induction furnace

保存，以备用户后续查询。数据导出，可用U盘拷贝，U盘连上触摸屏，在触摸屏上设定需导出数据的时间段，该时间段内的所有记录以Excel表格的形式自动拷贝到U盘中。

图5所示为Excel表格显示数据记录，拷贝到U盘中的数据，加载到任何电脑上，都能以Excel表格的形式查询和打印。

4 油增压泵的区间温度自动控制

图6是油增压泵油温自动控制的程序段，在真空感应炉控制系统中多数油增压泵油温控制都是用温度控制仪表控制的，此系统中是用编程的方式实现的，节

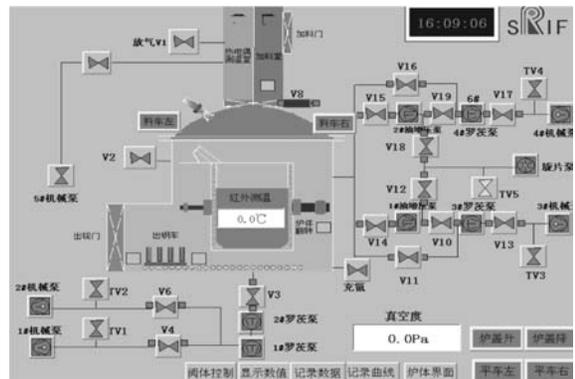


图3 真空感应炉触摸屏操作界面布局图

Fig. 3 Interface layout of vacuum induction furnace touch screen

| 时间 | 电压 | 功率 | 炉内温度 | 真空度 |
|---------------------|---------|---------|---------|---------------|
| 2018-04-19 09:57:20 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | 0.00 |
| 2018-04-19 09:57:40 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | -43.23 |
| 2018-04-19 09:57:50 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | 234643.55 |
| 2018-04-19 09:58:00 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | 234643.55 |
| 2018-04-19 10:02:21 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | 0.00 |
| 2018-04-19 10:02:31 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | 1000000000.00 |
| 2018-04-19 10:02:41 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | 1000000000.00 |
| 2018-04-19 10:02:51 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | 1000000000.00 |
| 2018-04-19 10:03:01 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | 1000000000.00 |
| 2018-04-19 10:03:11 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | 1000000000.00 |
| 2018-04-19 10:03:21 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | 34344.00 |
| 2018-04-19 10:03:31 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | -24344.00 |
| 2018-04-19 10:03:41 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | -24344.00 |
| 2018-04-19 10:03:51 | 0.00 kV | 0.00 kW | 0.00 °C | -24344.00 |

图4 存盘记录

Fig. 4 Save disk records

| 时间 | 电压 | 功率 | 炉内温度 | 真空度 |
|---------------------|------|------|------|---------------|
| 2018-04-19 09:57:20 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2018-04-19 09:57:40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -43.23 |
| 2018-04-19 09:57:50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 234643.55 |
| 2018-04-19 09:58:00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 234643.55 |
| 2018-04-19 10:02:21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2018-04-19 10:02:31 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1000000000.00 |
| 2018-04-19 10:02:41 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1000000000.00 |
| 2018-04-19 10:02:51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1000000000.00 |
| 2018-04-19 10:03:01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1000000000.00 |
| 2018-04-19 10:03:11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1000000000.00 |
| 2018-04-19 10:03:21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 34344.00 |
| 2018-04-19 10:03:31 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -24344.00 |
| 2018-04-19 10:03:41 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -24344.00 |
| 2018-04-19 10:03:51 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -24344.00 |

图5 Excel表格显示数据记录

Fig. 5 Excel table displays data record

省连线和提高准确度,自动运行。当油温低于190℃时自动开启油增压泵,当油温高于230℃时油增压泵自动停泵。过程控制比较稳定和精准。

5 真空感应炉实际应用

图7所示,真空感应炉的整体结构和所包括的部分。加料室是加入合金配料和热偶温度检测的功能,真空熔炼室内包含感应圈用于熔炼钢液,在真空状态下熔化钢液;锭模室是钢液熔化阶段完成,钢液成分合格后在锭模室把锭模进到浇注的位置进行浇注,整个过程是在真空状态下完成。炉盖上有观察窗和红外测温。炉体侧位有向炉内充氩气通道的调节阀,整套系统既有气路系统还有水路系统,水路是对炉体和中频感应电源进行冷却,气路系统是对各个阀的开关控制作用。

6 结束语

真空感应熔炼炉作为一种特种冶金装备,在其设计以及制造过程中安全化、智能化越来越重要。本文针对真空感应炉自动监控系统应用,采用自主编程控制软件实现了自动监控功能,改善了真空炉控制方法,解决了人工操作以及手动写入记录的麻烦,通过分析该设计思路的特点与适用范围,增加了记录的可靠性和真实性。由于系统设计采用了PLC和触摸屏人机界面,使其控制更加简单、方便、安全可靠。

参考文献:

- [1] 孙殿君.真空冶金装置(四)——真空感应炉[J].真空科学与技术,1985,5(1):69-80.

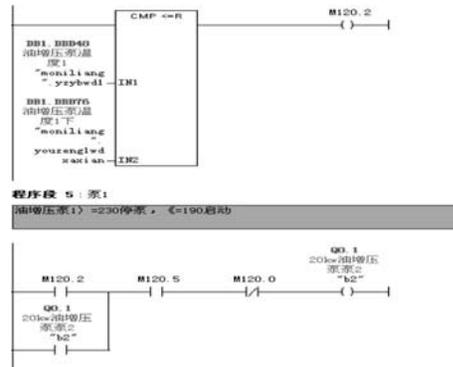


图6 油增压泵油温的自动控制程序段

Fig. 6 Automatic control program section of oil temperature in oil booster pump

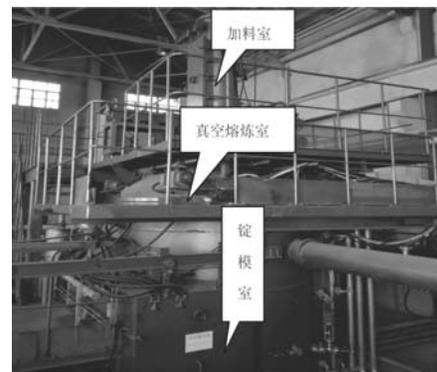


图7 真空感应炉

Fig. 7 Vacuum induction furnace

Research and Application of Automatic Monitoring System for Vacuum Induction Furnace

LI Wan-qing¹, HE Yong-liang¹, LIU Jing-yan¹, DOU Bo¹, YAN Zeng-nan¹, WU Feng²

(1. Shenyang Research Institute of Foundry Co. Ltd., Shenyang 110022, Liaoning, China; 2. Huludao Bohai Sea Mechanical Engineering Co., Ltd., Huludao 110000, Liaoning, China)

Abstract:

The vacuum induction furnace is mainly used to produce high entropy alloy, superalloy, titanium alloy and other high-quality special alloy materials. The automatic monitoring system uses PLC and touch screen to complete the automatic monitoring and control of the vacuum melting process. It can automatically realize the logical action between the components, booster pump oil temperature control, and safety protection monitoring, so as to meet the production process and technical requirements. On the premise of the above requirements, the vacuum induction furnace achieves the optimal control state, and the overall system is easy to operate, with safe and stable operation, and convenient maintenance. Automatic monitoring system plays an important role in safety production and product quality improvement.

Key words:

vacuum induction furnace; interval temperature; PLC