

电渣炉熔铸工艺过程自动控制方法的研究与应用

李万青, 张鹏程, 刘静岩

(沈阳铸造研究所有限公司, 高端装备轻合金铸造技术国家重点实验室, 辽宁沈阳 110022)

摘要: 介绍了一种用自动控制实现电渣炉生产工艺要求的方法, 采用PLC、上位机的程控和伺服控制器, 通过分段PID自动调解控制方式和数学模型构建实现电流电压跟踪控制, 改善和解决了电渣炉生产过程中电流不稳定的状况, 减少了人力, 提高了生产效率。

关键词: 电渣炉; PID; 伺服控制器

电渣重熔是在初炼钢的基础上进一步提纯钢质, 减少夹杂物, 得到均匀致密、纵向结晶的优质钢的冶炼方式^[1]。电渣炉是特殊钢厂主要设备。随着异形铸件生产需求量的加大, 电渣熔铸在大中型锻件、模块毛坯生产中处于优势地位, 其主要目的是提纯金属并获得均匀致密结晶组织。经电渣重熔的钢, 纯度高、含硫低、表面光滑、组织致密、化学成分均匀^[2]。按照生产工艺采用自动控制比人工手动控制重熔出的钢质量要好很多, 通过实际检测和应用, 采用滚珠丝杠传动和伺服电机为核心的新型机械设备, 以工控机和PLC为控制的硬件。电渣熔铸件的质量取决于合理的电渣重熔工艺和保证电渣工艺的设备和条件。冶炼工艺要求电流输出量跟随期望的运动轨迹进行控制。

1 电渣熔铸的自动控制工艺

图1所示为某电站导叶熔铸的工艺卡片。此卡片按照图纸上的几个阶段填好方案设定值, 按存储方案设定, 此卡片上的数值存储到相应的工控机的硬盘上, 等下次熔化同样的件时, 直接输入文件名, 再按“读取方案设定”, 直接把原来存储的数值添到相应的位置, 或在熔铸导叶前按照工艺要求和图纸要求填好卡片中相对应的设定值。按下“启动”按钮就可以按照自动程序对本导叶的几个阶段进行熔炼, 也可以手动选择某个阶段熔炼, 整个控制过程都是自动给定电流和电压值。按照电流电压自动控制建模及软件实现导叶的自动控制。

2 电渣熔铸自动控制系统设计

2.1 硬件架构

电渣熔铸控制系统硬件如图2所示。此硬件包括低压配电柜、PLC控制柜、操作台和上位工控机。低压配电柜为炉前台车、炉前夹头倾转电机及操作台工控机等供电, PLC控制柜是电渣熔铸过程的控制中心, 主要有STEP7-300 PLC、电量转换模块和中间继电器。操作面板用于手动控制电渣熔铸炉熔铸过程。采用集散式控制结构, 系统运行可靠、维护方便。工控机用于自动控制设定、记录显示、存储记录与打印曲线。利用编码器确定电极参考位置, 间接计算熔速。

2.2 控制过程设计

电渣熔铸过程产品好坏取决于熔铸过程的电流和电压值。实际电流与设定电流

作者简介:

李万青(1979-), 女, 高级工程师, 主要研究方向为冶炼炉的自动控制系统。电话: 13478861825, E-mail: liwanqinglwq@126.com

中图分类号: TG249

文献标识码: A

文章编号: 1001-4977(2019)

01-0042-03

收稿日期:

2018-08-27 收到初稿,

2018-10-25 收到修订稿。

跟踪轨迹，二次电压与给定电压跟踪如何，这两个条件是电渣熔铸最主要的因素。决定这两个条件是控制系统的PID控制。为使系统稳定性好，采用电流和电压双闭环控制，如图3、图4。

图3为电流与给定电流进行比较，经过PID调节后输出电压值来控制伺服电机正转反转，从而控制丝杠上下运动，自耗电极升降控制。图4是二次电压与给定电压比较，经PID运算调节后调制相应变压器的相应档位。

图5是控制图1导叶工艺卡设定的PID值。此导叶分三个阶段PID控制：给定电流不大于5 000 A时自动调用1组参数，给定电流大于5 000 A不大于15 000 A时自动调用2组参数，给定电流大于15 000 A不大于30 000 A时自动调用3组参数。此方法使电渣熔铸过程系统稳定性好，电流电压跟踪稳定性好，系统快速性好，可在较大范围内任意调节电压和电流的大小。因此变压器二次电压应具有连续有载可调功能，而目前较成熟可靠的方法是采用磁性调压变压器。

2.3 电流电压自动控制建模及软件

$$Out=Outlo+(In-inlo)*Outs/Ins;$$

$$Ins=Inhi-Inlo;$$

$$Outs=Outhi-Outlo;$$

其中：In为输入量，Inhi为输入上限，Inlo为输入下限，Outlo为输出下限，Outhi为输出上限。

此数学模型是在实现工艺卡斜线段时调用的，实现电流、电压给定值的取值。

图6程序段是在某段时间内设定电流、设定电压值。通过工艺卡添上相应的数值，按照此数学模型进行调用设定值。

2.4 电渣熔铸导叶自动控制的特点

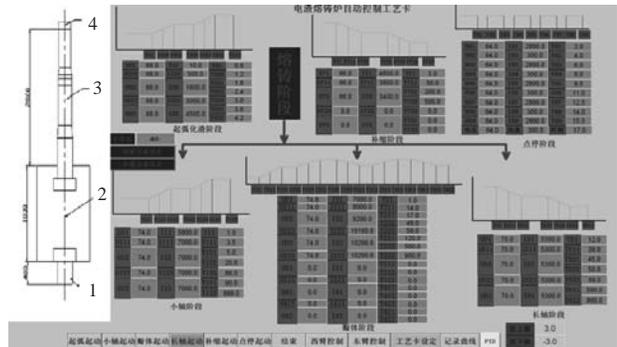
(1) 采用PLC和工控机相结合实现起弧化渣、正式熔炼、补缩阶段的全自动控制。

(2) 按照工艺卡和图纸填好工艺卡的设定值，系统会自动按照工艺卡设定值自动调节控制实现整个件的熔铸过程。

(3) 在工艺卡数值校验完成后，电渣熔铸过程中很少有人为干预，节省了大量的人力，一个配电工能同时操作2台电渣炉。

(4) 在熔铸过程中系统运行稳定，调节速度快，自动跟踪好，熔铸出的导叶成品率高，经过检测几乎无缩孔缩松现象。

(5) 采用工艺卡设定方式熔铸节省时间，提高生产效率，采用实际电流跟踪设定电流和实际电压跟踪设定电压的双闭环控制算法，使系统稳定性好、控制



1.小轴 2.瓣体 3.长轴 4.补缩区域

图1 电渣熔炼工艺卡

Fig. 1 Electroslag melting process card



图2 电渣熔铸控制系统硬件

Fig. 2 Hardware of electroslag casting control system

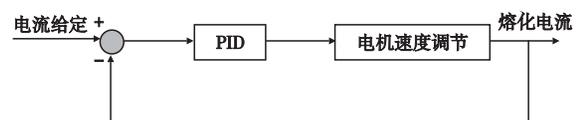


图3 电流闭环调节

Fig. 3 Current closed-loop regulation

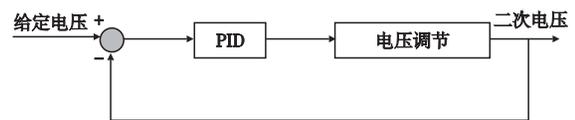


图4 二次电压闭环调节

Fig. 4 Secondary voltage closed-loop regulation

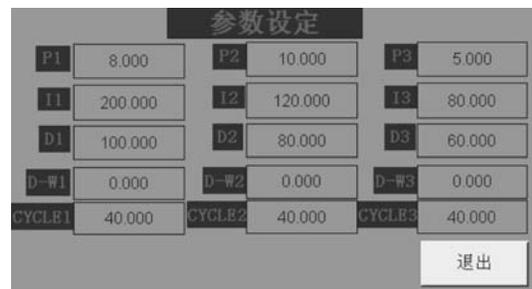


图5 PID参数设定

Fig. 5 PID parameter setting

精度高。

3 实际应用

图7为导叶长轴部分自动控制。按照图1的工艺卡把长轴阶段的给定电流、给定电压输入后,经过执行程序按照实际的应用自动实现长轴控制。从图中可以看出长轴段的电极熔化的轨迹。

4 结论

本电渣熔铸过程的工艺曲线的控制方法较先进,使用方便、安全、可靠,减少大量配电工的参与,不用人为记录,通过工控机自动记录、输出曲线可以适时在线查询与调用,增强了熔铸过程的准确性,实现了电渣炉熔铸过程的自动控制功能,使系统稳定性、准确性、快速性都得到提高。通过多段PID调节使系统性能更加完善,提高了工作效率,电流电压调节稳定,改善了电渣产品内在质量的一致性和同一性,确保了电渣导叶的质量。

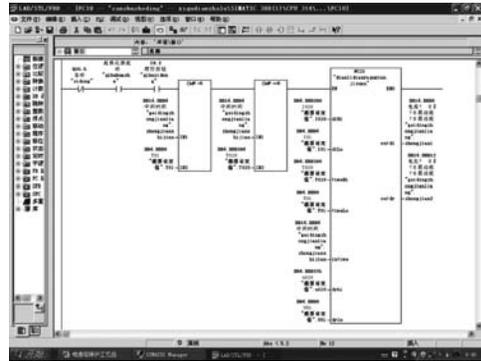
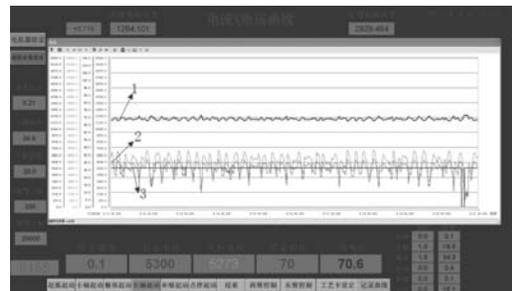


图6 程序调用建模

Fig. 6 Program invocation modeling



1. 实际电压 2. 实际电流 3. 给定电流

图7 长轴自动控制

Fig. 7 Long axis automatic control

参考文献:

- [1] 李正邦. 二十一世纪电渣冶金的发展[J]. 炼钢, 2003, 19(2): 1-7.
- [2] 余强, 姜周华. 电渣炉智能控制系统的开发与应用[C]// 2005年全国电渣冶金学术年会论文集, 2005: 66.

Study and Application of Automatic Control Method for Electroslag Casting Process

LI Wan-qing, ZHANG Peng-cheng, LIU Jing-yan

(Shenyang Research Institute of Foundry Co.,Ltd., State Key Laboratory of Light Alloy Foundry Technology for High-End Equipment, Shenyang 110022, Liaoning, China)

Abstract:

An automatic control method for electroslag casting process was studied to meet the technological requirements of electroslag furnace. By using PLC, computer program control and servo controller, the mathematical model was built to realize the current and voltage tracking control through the piecewise PID automatic control, which solved the instability of current in the electroslag casting process, reduced manpower and improved the production efficiency of electroslag furnace.

Key words:

electroslag furnace; PID; servo controller