真空感应熔炼速凝炉倾动控制系统分析

乌 云[1,2],李 琦[1],唐 超[2],李 羽[2]

(1. 内蒙古科技大学信息工程学院,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢稀土磁性材料有限责任公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章自倾动控制工艺开始,从倾动控制系统的控制原理硬件设计(包括倾动执行机构、倾动控制器硬件设计)、软件设计两个方面,分析了熔炼炉倾动控制系统的设计及原理。通过对倾动控制原理、浇注曲线设计的研究,为设备实现自动化改造优化铸片金相结构、提高产品厚度一致性起到了积极的促进作用。

关键词: 真空感应熔炼速凝炉; 倾动控制系统; 浇注曲线设计

中图分类号: TF131 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 - 5438(2018)03 - 0082 - 04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.03.022

Analysis of Tilting Control System for Vacuum Induction Melting Rapid - hardening Furnace

Wuyun[1,2], *Li Qi*[1], *Tang Chao*[2], *Li Yu*[2]

(1. *School of Information Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Magnetic Materials Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The article starts with the tilting control process, the design and principle of tilting control system for melting furnace are analyzed from the control principle, hardware design (including the actuator of tilting and the hardware design of tilting controller) and software design of tilting control system. The researches of tilting control principle and casting curve design have played an active role in optimizing the metallic structure of casting piece and improving the uniformity of product thickness for automation of equipment.

Key words: vacuum induction melting rapid - hardening furnace; tilting control system; casting curve design

真空感应熔炼速凝炉是生产镍基合金、铁基合金、钛合金、不锈钢等特种合金材料的重要冶炼设备[1]。这些特种合金材料用于航空、航天、军工、能源、核电等重要领域。文章描述的真空感应熔炼速凝炉是稀土NdFeB生产线上生产NdFeB合金铸片所用的熔炼设备。该设备在真空或惰性气体中进行排气、充氩熔炼,通过坩埚倾动经过中间包在水冷辊上急速冷却后,在水冷盘上二次冷却,最后制造出厚度为0.2~0.4 mm的合金薄片。速凝甩带(SC)工艺在铸造NdFeB铸片领域中是最常用的生产工艺,这种工艺的出现,提高了烧结钕铁硼磁体的性能[2]。此熔炼炉采用液压倾动的方式驱动液压缸完成浇注过程,倾动控制采用的是倾动电磁阀,可以控制坩埚倾动的方向,也可以控制液压泵液压油的

收稿日期: 2017 - 05 - 05

作者简介: 乌 云(1990 -),女,蒙古族,辽宁省彰武县人,助理工程师,现从事磁性材料研究工作。

流量，间接控制坩埚偏转的角度。按照输入电信号指令，连续成比例地控制液压系统的压力、流量或方向等参数。实际上，在起初阶段的浇铸作业时，炉子倾动比较小的角度，液态金属的流量就能够满足需要，经测算，炉子内 3/4 的金属液体都能够保持常定的流量，对于最后剩余在炉子内 1/4 的金属液体必须增加炉子的倾动速度，以保证流量的供应与前面相同[3]。因此，更加精准地控制倾动过程，提高过程控制自动化水平对工艺优化、设备改进、质量提升是必要的。

1　倾动过程工艺简介

图 1 为真空感应熔炼速凝炉倾动过程工艺图。真空感应熔炼速凝炉坩埚倾动机构位于炉体的中央，整个倾动控制过程是通过倾动电磁阀，控制液压油的流量来调节坩埚倾动角度与倾动限位置的关系，达到将熔化的钢液以均匀的线速度浇注到急冷辊上的目的。

真空感应熔炼速凝炉的倾动机构可选择手动或自动倾动。倾动速度可由操作杆来调节，倾动的范围为倾动极限、水平位置、向后倾动极限之间。倾动曲线由操作人员提前编制好，存储在 PLC 倾动控制器中，每次浇注可以选择已存储的曲线进行自动浇注，也可采用自动与手动伴随的方式，先在主控制柜上按下自动按钮，在自动浇注的基础上，再在倾动操作箱上按下手动按钮执行手动干预。

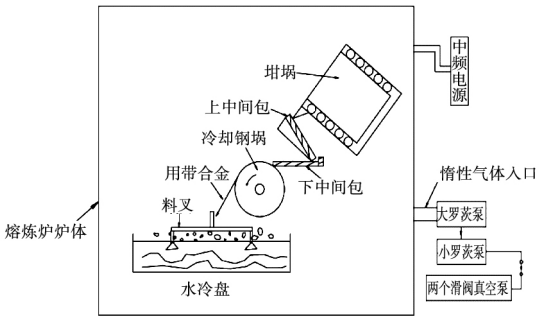


图 1　真空感应熔炼速凝炉倾动过程工艺图

2　倾动控制系统控制原理

图 2 为倾动控制系统控制原理图。用户将事先设计好的浇注曲线输入并存储到主控制柜 PLC 倾动控制器中，准备自动浇注时，由用户自行选择使用任意一条浇注曲线执行自动浇注，并在倾动操作箱上按下“前倾动”、“自动倾动”按钮。由倾动控制器输出 0 ~ 5 V 的电压信号到倾动电磁阀，通过倾动电磁阀控制液压缸液压油的流量，改变转动力矩，控制坩埚偏转角度。编码器检测到坩埚偏转的角度值，将此数字信号反馈到倾动操作箱的角度显示仪表的同时，也将此信号反馈到 PLC 中的高速计数模块，高速计数模块将此数字信号存储到 PLC 的寄存器中，再传递到 PLC 的 D/A 模块，将数字信号转化为模拟信号，最终反馈到倾动控制器，构成闭环控制。

图 2　倾动控制系统控制原理图

3　倾动控制系统硬件设计

倾动控制系统硬件设计由倾动执行机构、角度检测单元、倾动控制器三部分硬件设计组成。这里主要针对倾动执行机构作分析。

3.1　倾动执行机构硬件设计

依据图 3 所示，通过 11 kW 的三相交流液压泵给液压缸提供动力。断路器 QF13 用于控制主控制回路的通断，隔离大电流。接触器 KM13 用于控制液压泵的通断。FR13 为热继电器，起到过载保护的作用。当主回路断路器接触器均闭合，电机 IM13 转动，驱动坩埚偏转。该液压泵电机控制回路 PLC 输入输出电路接线图如图 4、图 5 所示。

从图 4、图 5 可以看出：主回路中断路器 QF13 是用来接通或切断大电流的功能，接触器 KM13 通过 PLC 控制液压泵电机线圈的通断。当主回路中断路器和接触器均闭合时，PLC 中的线圈 KM13 得电，电机 IM13 启动，实现液压系统运转，为液压缸的倾动提供动力。液压泵控制回路 PLC 输入输出点分配如表 1 所示。

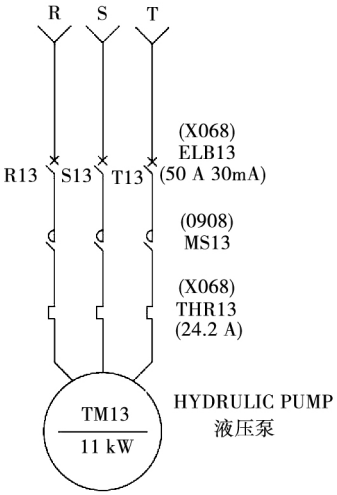


图3 液压泵电机主回路电气原理图



图4 液压泵电机 PLC INPUT 电路接线图

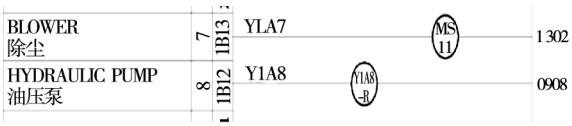


图5 液压泵电机 PLC OUTPUT 电路接线图

表1 液压泵控制回路 PLC 输入输出点分配表

地址	输入/输出点	地址	输入/输出点	地址	输入/输出点
Y150	倾动设定器 RUN/STOP	M205	坩埚倾动条件满足	M360	自倾倾动结束
Y151	倾动设定器正转	M208	坩埚逆动条件满足	M365	自倾—逆动完成
Y152	倾动设定器复位	M209	执行坩埚逆动	M370	自倾逆倾开始
M200	坩埚水平位置	M211	前倾/逆倾 ON		
M201	坩埚位置倾动结束	M352	执行自动坩埚前倾		
M202	坩埚位置逆动结束	M358	自倾辅助机构程序 1 运行		

3.2 倾动浇注曲线设计

浇注曲线的编制是用户在主控制柜上的倾动控制器设计的。以下是设置倾动参数的大致方法:

(1) 选择程序号 1 ~10;

(2) 每个程序由若干步组成,第一步是指从当前的倾斜角度运动到下一个角度,编制倾动程序实际上就是要确定每一步(step)所需的秒数,在程序中,坩埚水平位置和倾动极限角度规定为 0°和 105°。举例说明如表 2 所示。

表2 倾动参数设置

步	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
SV/o	30.0	36.0	40.0	49.0	56.5	60.0	62.0	64.0	69.0	72.0	73.0	86.9	96.0	98.0	99.0	103.0	105.0
时间/s	75	25	100	80	105	85	35	60	75	70	40	35	35	10	8	5	3

(1) 选择程序编号;

(2) 调出步号;

(3) 输入设置值,要先画上一个上面表 2 所示的模式表,按照步号输入进去;

(4) 根据需要重复(2)和(3);

(5) 在最后一步键入 END;

(6) 程序输入完成后返回到主屏幕;

(7) 在主控制柜上改变倾动模式到用户设计的

程序编号;

(8) 运行自动倾动并确认在倾动过程中一切正常。

即使把主控制柜的电源断掉,程序设置器中的程序仍存在。但控制柜上的倾动模式号显示恢复“0”,并且在不改变倾动模式号就开始自动倾动操作的情况下,倾动速度为最大值。因此,每次运行自动操作时,都要仔细检查倾动模式号。

根据上面举例说明倾动控制器内的参数设置方法,绘制的倾动浇注曲线如图 6 所示,表示坩埚每一步偏移水平位置的角度。

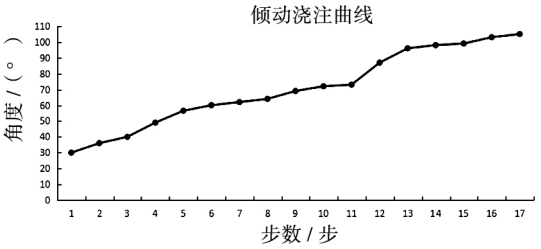


图 6　倾动浇注曲线

4　倾动控制系统软件设计

倾动控制系统软件设计流程图如图 7 所示: 氩气导入阀(关闭); 熔炼室鼓风机阀(关闭); 鼓风机(停止); 空气导入阀(关闭)。

在自动倾动模式下,钢液熔化后的浇注过程,如下所述,实现顺序控制:

(1) 确认无报警产生;

(2) 选择倾动曲线;

(3) 确认测温室的球阀 ISV2 为关闭状态;

(4) 在倾动操作箱上确认坩埚处于水平位置;

(5) 在倾动操作箱上选择倾动模式为“AUTO”(自动);

(6) 然后按自动倾动的“READY”按钮;

(7) 冷却辊和水冷盘开始转动;

(8) 检查显示灯“READY”,若连续亮表明自动倾动模式已准备好,在主控制柜上按自动开始按钮“START”;

(9) 坩埚倾动操作按预定的程序开始,辅助冷却机构也开始上下运动。坩埚到达倾动极限后30 s 急冷辊停止转动,坩埚反向倾动(即复位)开始。

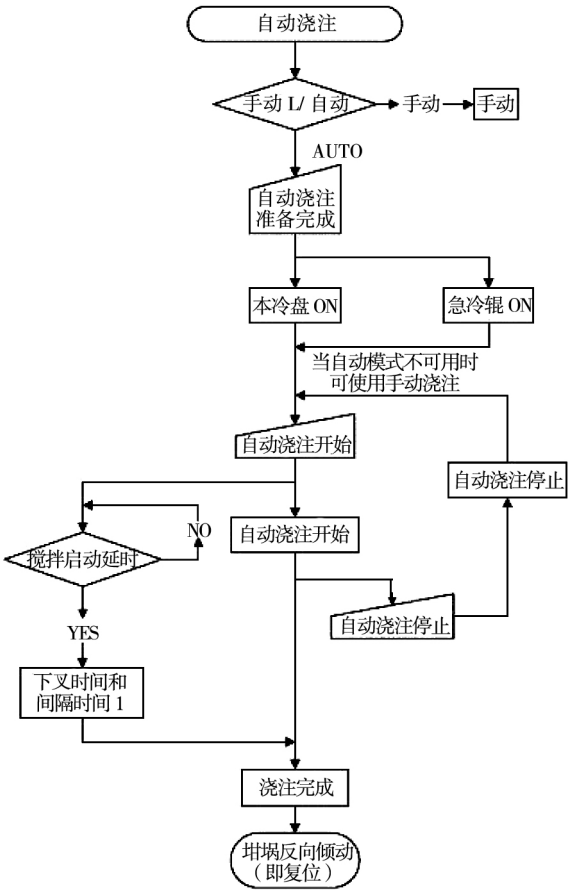


图 7　倾动控制系统软件设计流程图

5　结束语

为了研究真空感应熔炼速凝炉倾动控制系统的控制原理,文章设计了倾动控制系统原理图,阐明了倾动过程的控制原理。通过对倾动控制系统硬件设计、软件设计的分析,证明倾动控制系统原理图的设计是可以满足倾动过程对控制系统的要求。对于钕铁硼合金熔炼而言,适当调整浇注曲线,可以保证钢水以相对均匀的流速浇注到上中间包,为提高铸片厚度一致性、优化产品外观提供有力保证。

参　考　文　献

[1] 牛林. 真空感应炉控制系统的设计与研究[D]. 沈阳: 东北大学,2005.

[2] 毛宇. 真空熔炼速凝炉浇注过程流动特性研究[D]. 沈阳: 东北大学,2014.

[3] 纪宏亮. 基于 PLC 和液压单元的精炼炉倾转角度控制[J]. 仪表技术,2011,(9):47 - 51.