

文章编号:2095-2295(2015)04-0381-05

DOI:10.16559/j.cnki.2095-2295.2015.04.018

# 首钢迁钢板坯连铸机下渣检测系统应用研究<sup>\*</sup>

李玲芝,冯建武,梁 蕾,王俊友,袁有花

(北京首钢自动化信息技术有限公司 首迁运行事业部,河北 迁安 064400)

**关键词:**连铸机;下渣信号;电磁场;检测电压

**中图分类号:**TF777      **文献标识码:**A

**摘要:**首钢迁钢炼钢厂板坯连铸机钢水浇铸中,下渣检测系统采用电磁方法来检测钢液的下渣信号,即环绕在水口周围的线圈在钢液中产生涡流并检测电磁场。炉渣导电率大约只有金属的1/1000,因此渣中可产生较少的感应电流来改变电磁场,这种改变引起检测电压的改变,意味着钢液能和渣区别开来。采用下渣检测系统后,浇铸钢坯质量明显提升,为迁钢实现浇铸高品质板材提供了可能。

## Application of continuous casting machine slag detection system at Steelmaking Plant of Shougang Qian'an Iron and Steel Company

LI Ling-zhi, FENG Jian-wu, LIANG Lei, WANG Jun-you, YUAN You-hua

(Shou-Qian Operation System Division, Beijing Shougang Automation Information Technology Co., Ltd., Qian'an 064400, China)

**Key words:**continuous casting machine; slag signal; electromagnetic; detection voltage

**Abstract:**The slag detection of steel slab caster in Shougang Qian'an steelmaking plant was carried out using electromagnetic method to detect the signal of liquid steel slag. The electromagnetic field generated from the coil outlet around the eddy in liquid steel could be detected because the conductivity of slag is only about one-thousandth 1/1000 that of the metal, resulting in less slag-induced current for the change of the electromagnetic field. This change in electromagnetic field can also be detected in voltage changes, meaning that the molten steel and slag can be distinguished. The quality of casting billet was significantly improved by using the slag detection system, providing the possibility for Qiangang to achieve the goal of casting high quality plate.

连铸生产中,钢水进入中包时,如果不采取任何措施,钢水的钢渣就会随钢水一起进入中包,尤其是每炉浇注末期,钢水中钢渣明显增多,从而影响铸坯质量。如何避免带钢渣钢水进入中包显得尤为重要。有些钢厂利用钢包重量来推断下渣,由于工人操作水平存在差异,会导致钢包有较多剩钢,从而降低了钢水收得率<sup>[1]</sup>。首钢迁钢公司采用AMEPA下渣检测系统,提高了钢水纯净度和钢水收得率,减少了高品质钢浇铸时钢包残钢量,提高了铸坯质量。

## 1 检测原理

用一种电磁方法来检测钢液的下渣,即环绕于水口周围的线圈在钢液中产生涡流并检测电磁场,如图1所示。

炉渣导电率大约只有金属的1/1000,因此渣中产生较少的感应电流来改变电磁场H,这种改变引起检测电压的改变,意味着钢液能和渣区别开来。检测原理见图2。

\* 收稿日期:2015-08-10

作者简介:李玲芝(1985-),女,河北邢台人,首钢自动化信息技术有限公司助理工程师。

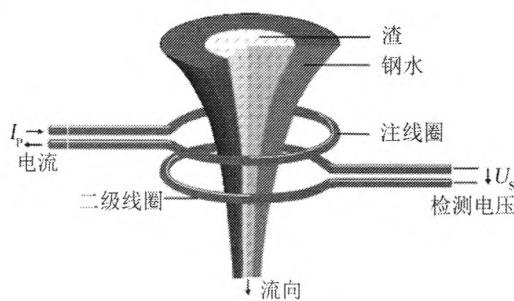


图1 检测线圈图

Fig. 1 Diagrammatic drawing of measurement set up

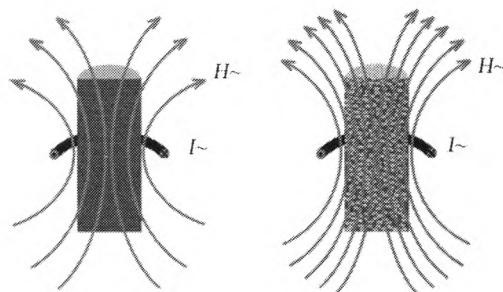


图2 检测原理

Fig. 2 Principles of the measurement process

## 2 系统总体结构

首钢迁钢公司下渣检测系统是带回转台连铸系统。传感器电缆和末端块1相连，大包和回转台通过

弹性抗高温电缆2相连，一根抗高温电缆4将接头3和前置放大器5相连。2个前置放大器的电缆通入终端盒6，一条电缆7从终端盒6通入IF200 13. 信号和IF200接口与检测控制单元MCU100 8和就位准备浇注的回转台臂相连接。浇钢平台上的显示控制单元PICU100 10通过控制电缆9和MCU100 8相连接，显示控制单元向操作者提供系统工作的所有重要信息，并在下渣时以视觉和听觉的形式提醒操作者。带回转台连铸系统的总体结构见图3。

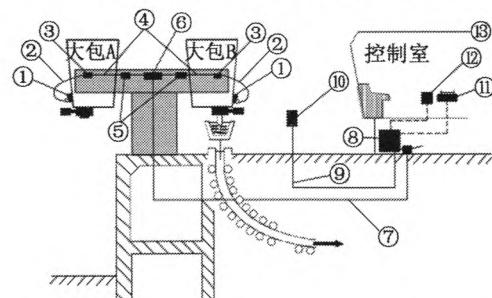


图3 带回转台连铸系统的下渣检测系统配置

Fig. 3 Measurement setup of continuous casting with turret

## 3 系统组成及其工作原理

### 3.1 传感器

最简单的传感器由一个输入检测电流  $I_p$  线圈和一个感应产生检测电压的线圈组成，如图4所示。

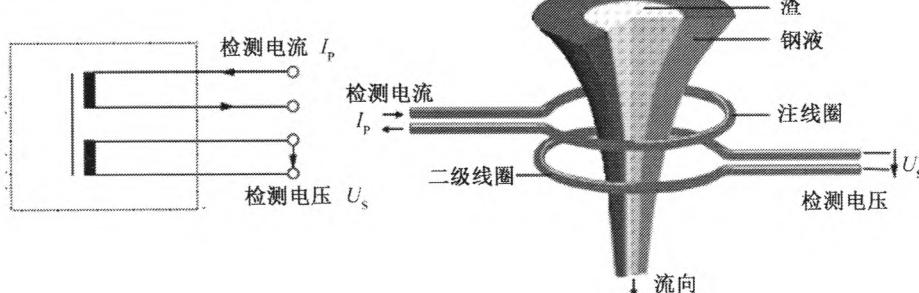


图4 线圈排列和传感器基本回路

Fig. 4 Diagram of coil arrangement and elementarg circuit of the sensor

### 3.2 前置放大器 PA100, PA100 DC

前置放大器将沿用长电缆传输的检测信号进行放大。

由传感器提供的检测电压在前置放大器中被放大，中央单元可以检测这一信号的任何相变和幅变，为了防止电缆阻抗引起的不可接受的高相位角，从

检测电流引出一个参考信号  $U_R$  进行放大，然后同样转换成相应的电流信号，电缆阻抗将对所有信号产生相同的影响，因而在信号间不会有不可接受的相位产生。前置放大器 PA100, PA100 DC 的基本回路图由图5所示。

由前置放大器产生的电流信号在被中央单元处

理前,再一次被转换成电压信号,这种转换由端末电阻进行,通常在接口 IF200 中进行。前置放大器由中央单元 MCU100 提供 24 V 电源。

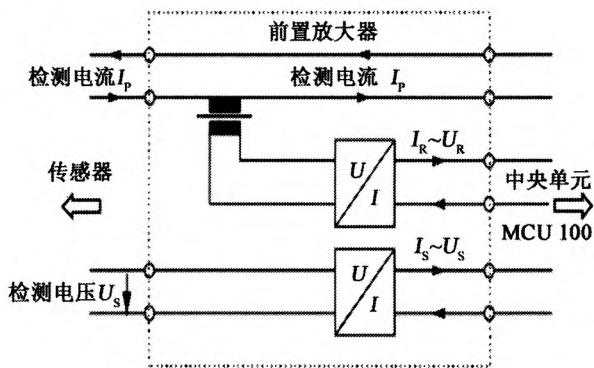


图 5 PA100,PA100 DC 基本回路图

Fig. 5 Schematic circuit diagram of PA100,PA100 DC

### 3.3 接口 IF200

接口是一个切换单元,连在中央单元 MCU100 和电子设备上,在这里进行所有重要的切换,通过无电位差触点来传送和接受系统信号,其基本电路见图 6。

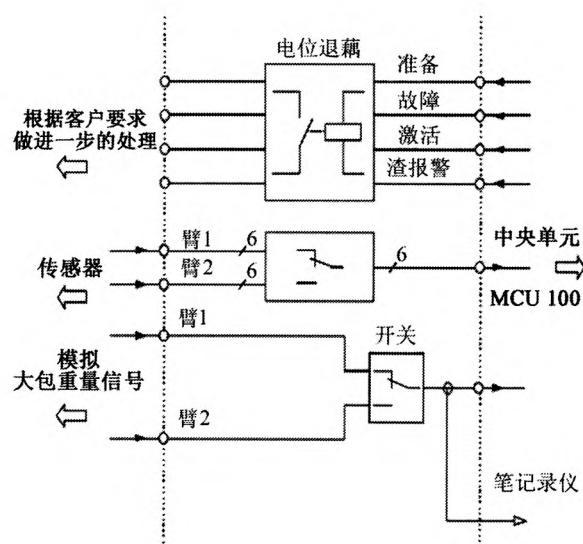


图 6 带大包回转台和模拟大包重量信号的连铸系统 IF200 基本电路图

Fig. 6 Schematic circuit diagram of IF200 of continuons casting with turret and ladle weight imitation

#### 3.3.1 传感器切换

在切换装置图 6 中,“臂 1”或“臂 2”的传感器都能和中央单元相连接,切换装置由密封继电器制

成,它由回转台定位继电器触发,这意味着带大包回转台的连铸系统中,无论哪一个大包在浇注位置,都自动和中央单元相连。

#### 3.3.2 大包称量

大包重量根据接口的不同,既可作为模拟信号也可作为数字信号处理。

##### (1) 大包重量模拟信号

接口将任何处于浇注位置的大包重量传给中央单元,以模拟方式传给传感器切换开关,并由位置继电器控制,当信号为 0 ~ 20 mA 或 4 ~ 20 mA 时,就会在笔记录仪上记录下一个额外的大包重量输出。

##### (2) 大包重量数字信号

在这种情况下,接口进行电位退耦信号被直接传给中央单元以便进一步处理,接口有一个在 24 V 逻辑下高达 16 位的输入,输入电压如下:

$$\text{High} = 18 \sim 30 (\text{V}) ;$$

$$\text{Low} = 0 \sim 8 (\text{V}).$$

输入电流在 24 V 时为 13 mA (在 20 摄氏度时)。

#### 3.3.3 大包回转台位置继电器

位置继电器控制传感器和大包重量信号进行切换。下渣检测系统通过接口提供 24 V 电源给位置继电器,位置继电器回路图如图 7 所示。根据回转台位置不同,输出信号的电压见切换逻辑表 1。

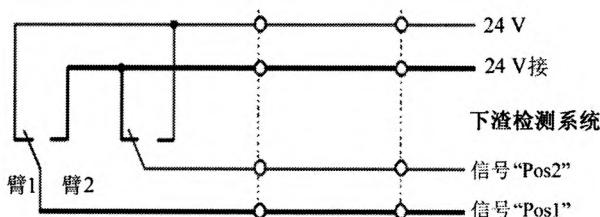


图 7 位置继电器回路图

Fig. 7 Position relay circuit diagram

表 1 切换逻辑表

Table 1 Conversion logic

位置	信号电压/V	
	信号“Pos1”	信号“Pos2”
1, 臂 1 在浇注位置	低(0)	低(0)
没有臂在浇注位置	高(24)	低(0)
没有臂在浇注位置	低(0)	高(24)
2, 臂 2 在浇注位置	高(24)	高(24)

### 3.3.4 通过无位差继电器触点连接的系统信号

以下来自接口的信号为标准信号,均通过无位差继电器触点(切换触点),依次激活其它设备.

- “Ready”
- “Fault”
- “Active”
- “Slag alarm”

这些信号被用来控制滑板或是激活喇叭,通过接口连接器“继电器控制”触点进行输出.触点切换电源为48 V,最大切换电流为1 A,最大切换功率为40 W.

### 3.4 中央单元 MCU 100

MCU 100 的心脏部分是计算机,它首先处理模拟信号,然后过滤并将其数字化,检测任何时候的信号变化,并通过特征信号的改变来检测渣子.计算机也监视检测数据和系统参数,以防有任何不可接受的偏差,同时显示检测回路可能发生的任何故障.

浇注操作人员能从 MCU 100 的前面板和外部指示器以及控制 PICU 100 单元得到检测值和重要的系统数据的信息,因此检测能被记录下来,数据通过 RS232 接口从计算机传给打印机.整个检测是自动进行的,但也可通过显示控制单元进行干预.

## 4 系统在线检测工作流程

在线检测系统 ESD100 通常为开模式,关闭它不会减少其功能,因为提前设定的参数已被保存起来.

### 4.1 准备模式

在传感器和中央单元连接前,系统处于准备模式,这和安装配置有关,如通过接上大包插头或将回转台旋转到浇注位,在这种状况下准备状态显示为 ERROR1(浇注位无位置)或 ERROR3(检测电流  $I_p$  太小).

### 4.2 开始和检验

一旦接上传感器,计算机就按监视例程工作,检查系统是否有不可接受的偏差,若检测到有故障,就给出显示,系统进入准备状态直至故障被纠正.

若系统无故障,计算机自动检验系统和传感器,这一过程需要 10 s,在此期间,中央单元上显示灯“C”亮,校验后,自动开始检测循环,系统处于准备操作状态,中央单元运行 LED“R”闪烁,显示控制单元“READY”灯亮.

校验由监视例程监视,若在校验过程中有大的漂移,检测值不规则或不可接受地按相定位,显示

ERROR12(校验不可能),这就能防止由故障传感器或不正确安装的传感器进行校验.

### 4.3 检测循环

当系统准备运行时,执行一个连续的检测循环,来自传感器的数字和模拟信号被过滤,处理.计算机检测这些信号有无变化,并且计算显示于中央单元的渣信号.渣信号连续和设定的报警限位进行比较,若渣信号超过限位,并且系统处于激活状态时,触发渣报警,若系统不处于“激活”状态,渣报警被抑制.

仅当系统被激活并且渣信号超过设定渣限位时,才会触发渣报警,系统可自动或手动激活,激活模式由中央单元和显示控制单元上的灯显示.由于大包滑动水口刚刚打开时,渣信号会很大,故设置合适的激活条件是很有必要的,一般以钢水净重吨数设置激活条件(如以剩余 20 t 钢水作为激活大包下渣检测系统条件).

## 5 对检测结果的评价

### 5.1 对渣信号的研究

系统的计算机对检测信号进行处理,消去故障,补偿漂移和计算机标准的渣信号.在正常操作条件下,下渣量和渣信号没有必要成严格的比例关系,并且也不会对检测造成多大的影响,因为在当时的速度下,渣的形成很快,以至开始下渣和报警之间的间隔相对很短<sup>[2]</sup>.因此在系统投入使用时,设定渣信号的幅度和系统的放大,这样即使下渣状况最坏,报警了也会安全触发,当渣流为最大时,信号幅度可能大于或小于 100%.

ESD 系统检测纯钢流中涡流的变化,涡流的扩散取决于钢液中渣流的含量和纯钢流中渣的分布,钢渣的分布如图 8 所示有(a),(b),(c) 有 3 种模式.

调查结果得出:渣信号取决于钢流中渣的分布,渣子处于钢液表面(c)容易被检测出,即使是很小的渣量也足以产生很强的渣信号;渣子均匀分布(b)也能产生易于被检测的接近直线的渣信号;渣流处于钢液中间(a)比较难检测<sup>[3]</sup>.

实验室的检测表明最大信号的 5% 就能被检测,状态 1 下对应 20% 的渣量(“最坏状况”),在状态 2 和 3 下对应渣量小于 5%.工厂的实际检测表明每次浇注渣在纯钢流中的分布也不一样,因此不可能确切地定量测量钢液中有多少渣,在实际系统中,最小可检测信号约为 10%,对应的渣量为 30%.

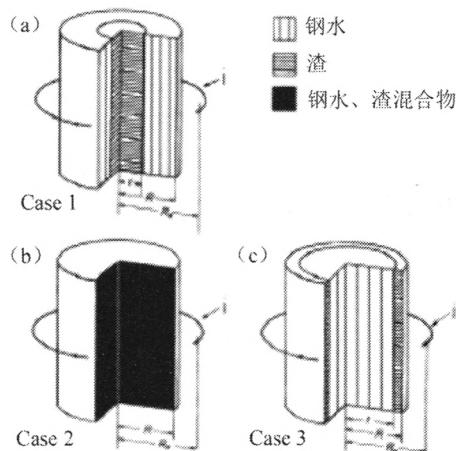


图 8 渣在纯钢流中的分布状态

Fig. 8 The slag distribution in the stream of steel

- (a) 状态 1: 渣流处于纯钢流的中部为“最坏状况”;
- (b) 状态 2: 渣均匀分布于纯钢流中;
- (c) 状态 3: 渣流处于纯钢流表面

## 5.2 大包实际应用的成果

大包开浇,滑动水口打开,水口瞬间充满钢水,水口检测区域的传导性的变化,产生一个近 100%

的渣信号,因为系统还未激活,不会发生报警。随着钢水流人中包,大包钢水重量减少,当大包重量达到设定的激活重量 20 t,计算机激活系统,当渣信号达到报警上限,渣报警被触发,此时重量约为 2 t,滑动水口自动关闭,保证了铸坯质量。

## 6 结论

首钢迁钢板坯连铸机通过引入下渣检测系统,避免了因为 20 t 以下钢包内剩余钢水纯度降低导致铸坯质量降低的影响,大幅提高了铸坯质量,为浇注汽车板,管线钢,硅钢等刚性能铸坯提供了有利条件。

## 参考文献:

- [1] 张旭生,张维之. 连铸钢包下渣检测技术的发展与应用[J]. 鞍钢技术,2006,(6):15-19.
- [2] 连文敬. 连铸钢包下渣检测技术的发展[J]. 中国冶金,2011,21(8):8-11.
- [3] 徐永斌,马春武. 连铸大包下渣检测技术的发展及应用[J]. 山东冶金,2012,34(2):7-8.