

ISSN 1001-1269
CN11-2183/TF

冶金设备

METALLURGICAL EQUIPMENT



主管：中国钢铁工业协会 主办：北京中冶设备研究设计总院有限公司 编辑出版：冶金设备杂志社

QINYE

秦皇岛秦冶重工有限公司
QINHUANGDAO QINYE HEAVY INDUSTRY CO.,LTD.

卓越的铁前钢前设备供应服务商

ISSN 1001-1269



9 771001 126235

地址：河北省秦皇岛市经济技术开发区鄱阳湖路2号

电话：0335-8577999

传真：0335-8586258

客户服务热线：400 6160 004

邮编：066318

邮箱：qinye@qinye.com

网址：www.qinye.com



广告

主 管:中国钢铁工业协会
主 办:北京中冶设备研究设计总院有限公司
中国金属学会冶金设备分会

编辑出版:《冶金设备》杂志社
北京 9821 信箱,邮编:100029
电话:(010)64458422
传真:(010)64458422
电子信箱:yjsb1979@126.com
网址:www.mccet.com

社 长:张首勋(兼)
主 编:张首勋(兼)
常务副主编:姚书典
副主编:张杰(兼)
广告部负责人:周颖
本期责任编辑:杨弛

印 刷:优奇仕印刷河北有限公司
发行范围:公开发行(邮发代号:82—738)
国内发行:北京市报刊发行局
订 阅:全国各地邮电局
国外发行:中国国际图书贸易总公司
(北京 399 信箱,邮编 100044)

国外代号:BM4131
中国标准刊号:ISSN 1001-1269
CN 11-2183/TF

京期出证字第 2183 号
广告经营许可证:京朝市监广登字 20200033 号
定 价:10.00 元(国际定价:8 美元)

《中国金属文摘数据库》重点收录期刊
中国科学引文数据库入库期刊
美国剑桥科学文摘收录期刊
美国金属文摘收录期刊
中文科技期刊篇名数据库入库期刊
中国冶金文摘数据库入库期刊
中文科技文献数据库入库期刊

目 次

- 行业展望 ·
我国无料钟炉顶设备的技术进步和发展 惠展(1)
- 研究与设计 ·
保洁车旋转高压水射流清洗装置研究 韩佩宏等(5)
堵头打孔机设计 李振东等(10)
电磁托圈式下渣检测系统研发 聂高升等(12)
- AGV 主动防撞系统改进 朱惠华等(17)
- 大型无动力摆动设备安全设计 代丽莉等(21)
- 技术分析 ·
基于 BPNN 的轧钢 AGC 液压系统故障诊断 周奇阳等(29)
SPHC 热轧酸洗板表面带状缺陷分析 花凌冬等(38)
缝合机在冷轧薄带中的应用 赵大帅等(44)
热轧卷取机助卷辊台架转轴断裂分析 东占萃等(48)
热轧黑卷连续平整线带钢跑偏分析 李坤等(52)
无头连铸连轧摆式飞剪机构及运动学分析 李伟(58)
高速冷联轧机出口带钢表面擦划伤缺陷分析 涂兵等(63)
35kV 高压配电房建设思路分析 曲春艳(68)
梅钢转炉煤气柜腐蚀分析 赵阳(71)
- 应用与改造 ·
动态无功补偿装置 SVG 在梅钢的应用 凌艳(74)
可移动点火器在球团烧结中的应用 张超(78)

声 明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品和万方数据及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我社上述声明。

电磁托圈式下渣检测系统研发

聂高升¹① 卿志明² 蹇华¹ 陈国强¹ 袁淳安¹ 刘永军¹ 余志远² 刘长伟¹
张超¹ 张果²

(1:宁波钢铁有限公司 浙江宁波 315807;

2:武汉巨沓工程技术有限公司 湖北武汉 430081)

摘要 基于电磁检测技术,研发了一种连铸大包电磁托圈式下渣检测系统。该系统采用长水口托圈与传感器一体化设计,传感器只需要安装在长水口操作臂上即可。该系统具有抗外界干扰强、下渣检测精度高、钢水与钢渣区分灵敏度高等特点。现场考核结果表明,该系统运行稳定性高,便于操作与维护,能提高钢水收得率和铸坯产品质量,具有广泛的推广应用前景。

关键词 连铸 钢包 下渣检测 电磁检测 传感器

中图分类号 TF701 TF777 文献标识码 A

Doi:10.3969/j.issn.1001-1269.2023.03.004

Research and Development of Electromagnetic Support Ring Type Slag Detection System

Nie Gaosheng¹ Qing Zhiming² Jian Hua¹ Cheng Guoqiang¹ Yuan Chunan¹
Liu Yongjun¹ Yu Zhiyuan² Liu Changwei¹ Zhang Chao¹ Zhang Guo²

(1:Ningbo Iron and Steel Co., Ltd., Ningbo 315807;

2:Wuhan Jufeng Engineering Technology Co., Ltd., Wuhan 430081)

ABSTRACT Based on electromagnetic detection technology, a slag detection system with electromagnetic support ring for continuous casting ladle was developed. The system adopts the integrated design of the long nozzle support ring and the sensor. The sensor only needs to be installed on the long nozzle operating arm. The system has the characteristics of strong resistance to external interference, high detection accuracy of slag and high sensitivity of distinguishing molten steel and slag. The field test results show that the system has high operation stability, easy operation and maintenance, can improve the recovery rate of molten steel and the quality of billet products, and has a broad application prospect.

KEYWORDS Continuous casting Ladle Slag detection Electromagnetic detection Sensor

1 前言

在钢水浇铸末期,钢水大包的钢渣会进入中间包,造成钢水的洁净度降低,加快了中间包衬的侵蚀,降低连浇炉数,影响铸坯质量,严重时还会导致漏钢事故。因此,必须在浇注末期对钢水下

渣进行监测和控制。

电磁检测方法测量钢渣的原理是基于钢液和钢渣二者间的电导率差异,通过一次线圈的励磁作用,感应获得二次线圈中不同的电动势,以此来获得大包下渣信号,这种方式的优点是信号采集

① 作者简介:聂高升,男,1975年生,研究生,高级工程师,邮箱:niegaosheng@ningbosteel.com.cn

直接,不易受环境影响,检测的准确性高,抗干扰能力强。国内外大多知名钢厂均采用此种检测技术,并获得了良好的应用效果。但是,目前采用电磁检测方法的产品都是传感器埋入式,即传感器必须预埋在每个钢包的上水口处,系统初装时,要对钢包的基准板和座砖进行改造。每个钢包都要安装传感器,而且由于工作环境温度高,传感器的使用寿命短。每次转换钢包时都要插拔传感器接头,容易引起接触不良,影响检测精度。如果传感器损坏,必须下线更换,无法连续使用^[1]。因此,埋入式电磁检测下渣系统存在着设备改造费用高,安装周期长,维护成本高,作业率较低等问题。

鉴于上述缺点,改变传感器安装位置,实现快速更换检测线圈^[2],是解决这些问题的有效方法。针对电磁埋入式下渣检测存在的诸多问题,联合研发了一种全新的托圈式下渣检测系统,开发了一种长水口托圈式传感器,即采用长水口托圈和测渣传感器一体化设计,安装时,只需将传感器替换长水口操作臂上的托圈即可,而不需要在每个大包罐上安装传感器,使得检测系统即具备了电磁埋入式下渣检测的准确度高、稳定性好等优点,且系统结构更加简洁,传感器更换方便,提高了设备作业率,大大降低了设备初装费用和维护运行成本,免除了插拔信号插头所带来的操作安全隐患,减轻工人劳动强度。

2 测量原理和系统组成

2.1 测量原理

电磁托圈式下渣检测系统采用的电磁感应原理,结构如图1所示,将传感器与长水口托圈设计为一体,安装在机械手长水口处,传感器内部有两个同心线圈。

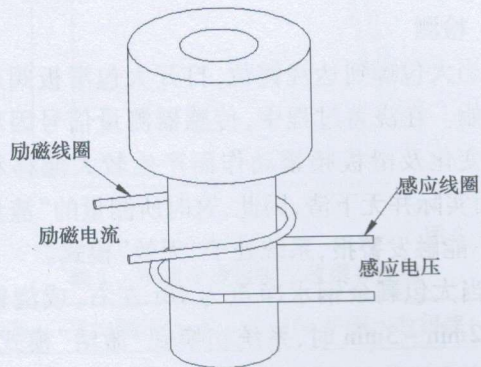


图1 传感器测量原理

当钢液通过接有励磁的线圈时,就会产生涡流,这些涡流可改变磁场的强度。由于炉渣的电导率显著低于钢液的电导率,仅为钢液电导率的千分之一,如果钢流中含有少量炉渣,涡流就会减弱,而磁场就会增强^[3],如图2所示。在浇钢过程中,开始浇注时流出的全部为钢水,到浇钢后期,钢渣混出,使钢液电导率下降,电磁场将有所增强,此信号由次级线圈测得。

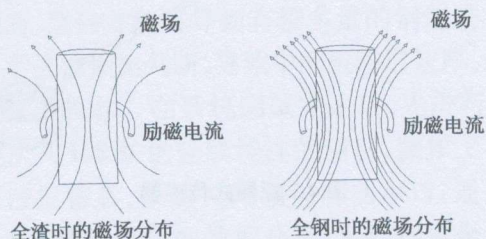


图2 磁场分布状况

2.2 系统组成

电磁托圈式下渣检测系统由托圈式下渣传感器、前置放大器、恒流励磁电源、信号处理器、智能控制器、现场操作器和PLC组成,如图3所示。为采用两个长水口操作臂铸机的系统组成框图。

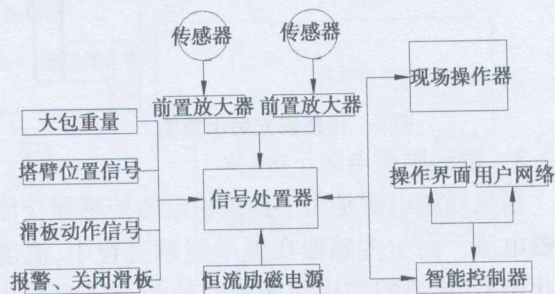


图3 系统组成框图

2.2.1 托圈式下渣传感器

托圈式下渣传感器是本系统的关键设备,采用的是电磁感应原理,将长水口操作臂上使用的托圈设计为渣检传感器模块,如图4所示。传感器感应线圈采用专门特制的耐高温导线,封装外壳采用耐高温非导磁金属材料制作,引出线外用不锈钢管做外保护,引出线的接头在操作臂上与高温信号传输电缆相连,再接入前置放大器。实测传感器工作环境温度一般为600℃~860℃,传感器可在小于900℃的环境下长期使用,且无需对其冷却。传感器的安装方式,如图5所示。

2.2.2 前置放大器

前置放大器的目的主要是为了进行远距离传

输。因传感器信号送至主控室,要通过很长的电缆送入操作室,传感器输出的微弱电压信号会大大衰减,所以将其安放连铸旋转塔附近(如中包车上),即可减小信号的衰减,又增强了抗干扰能力。

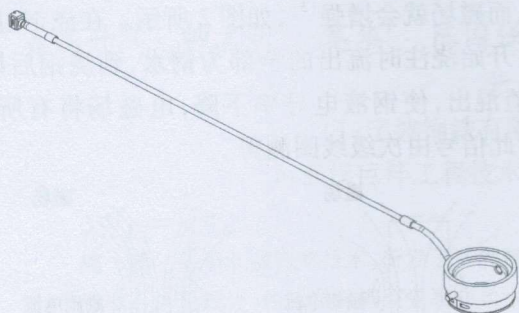


图 4 托圈式传感器

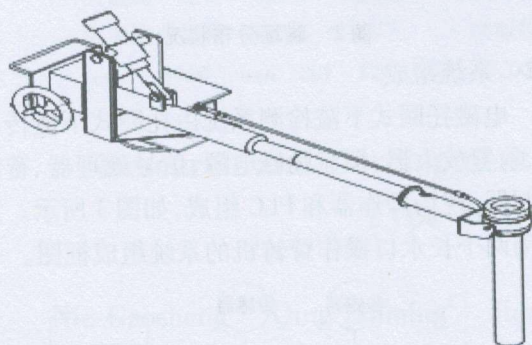


图 5 传感器安装示意图

2.2.3 恒流励磁电源

恒流励磁电源是用于提供稳定的传感器交流励磁电流。由于传感器在整个浇钢过程中,温度变化剧烈,传感器初级线圈的阻值也会迅速变化(与常温比较约增加 2 倍~3 倍),造成线圈次级的感应电压波动,使得传感器的输出信号也将不断变化,严重影响输出信号。恒流励磁电源就是要确保励磁电流不受线圈阻值变化的影响,以恒流方式提供励磁电流。

2.2.4 信号处理器

信号处理器主要用于对前置放大器传送的信号做进一步处理,对传感器背景信号的滤波、分析、跟踪、补偿、有效渣量信号的获取和放大,并可按智能控制器的指令要求对信号跟踪、灵敏度切换等控制处理,各类接口信号的转换处理。它包含 MPU 板、信号处理板、电源板、AI/AO 板和 DI/DO 板等,信号处理器通过 RS485 与智能控制器进行数据通讯。

2.2.5 智能控制器

智能控制器主要由控制计算机、通讯接口和控制软件组成。其主要功能是对进行信号深度处理、评估渣量信号、设置各类系统参数、渣量自动调校、渣检全过程监控、人机界面、故障与错误报警、故障诊断、记录查询、内外部数据交换通信等。

2.2.6 现场操作器

为现场大包操作人员提供下渣系统相关使用操作,包含操作按钮、状态指示灯,声光报警等。

3 系统工作流程

下渣检测系统上电后的工作流程进行,如图 6 所示。

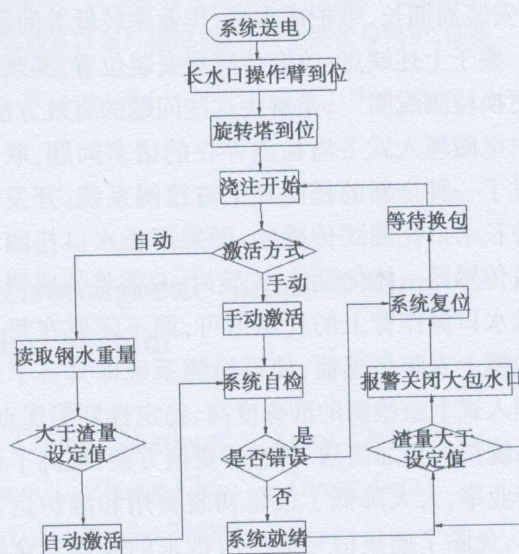


图 6 下渣检测系统控制流程

3.1 启动

浇铸开始前,浇铸位长水口操作臂上的托圈式传感器自动接入系统,系统将自动检查是否存在超出系统各参数的偏差。如果检测到故障,则发出故障报警,直到故障得到纠正。如果系统无故障,自动投入工作状态。

3.2 检测

当大包罐到达浇铸位,打开大包滑板阀后浇铸开始。在浇铸过程中,传感器测量信号因环境温度变化及滑板频繁动作而产生较大漂移和变化,而实际并无下渣,因此,这时所测量的“渣量信号”不能触发警报,系统处于“无效”模式。

当大包剩余钢水净重为 10t 左右,或浇铸结束前 2min~3min 时,系统切换到“激活”模式,测量程序自动执行校验过程,在满足相关条件后,发出“就绪”信号,系统进入测渣程序。渣量信号不断与设定的报警值进行比较,其间,为保证可靠的

信号质量,系统将自动识别并消除干扰信号。在渣量信号符合报警条件后,如图7所示。发出下渣报警,可选择自动或人工发出关闭水口命令来终止浇铸。

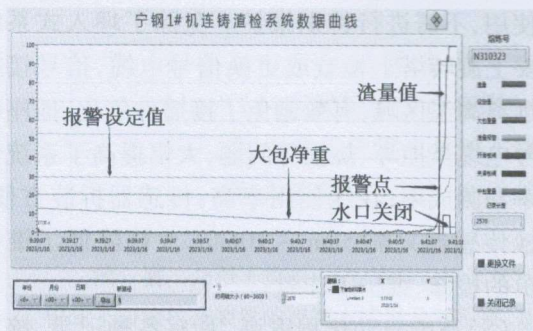


图7 典型下渣曲线

3.3 复位

终止浇铸后,本次检测测量周期结束,系统将自动恢复到起始状态,等待下一个大包罐进入浇铸位,开始下一个检测测量周期。

4 应用效果

根据宁钢炼钢厂连铸机的装备,托圈式下渣检测系统的实际配置,如图8所示。全套系统主要配置设备包含传感器2只、前置放大器2台、信号处理器1台、恒流励磁电源1台、智能控制器1台,PLC1套、现场操作器1套。

在使用大包下渣检测系统前,宁钢大包下渣控制是通过人工观察中间包翻渣情况来判断是否下渣的,这种方法要等到有较多量的钢渣进入中间包后才能做出判断,导致中间包渣层较厚,经常需要排渣操作。在系统调试完成后,先进行了7个浇次共108炉的连续浇注的测试,操作工在触发下渣报警后,手动关闭钢包滑动水口;通过对108炉钢地停浇后的数据分析,平均钢包余量为3.7t,与历史钢包余量平均数据的4.4t对比,每炉钢降低钢包余量0.7t,108炉提升钢水收得率约75.6t,如表1所示。

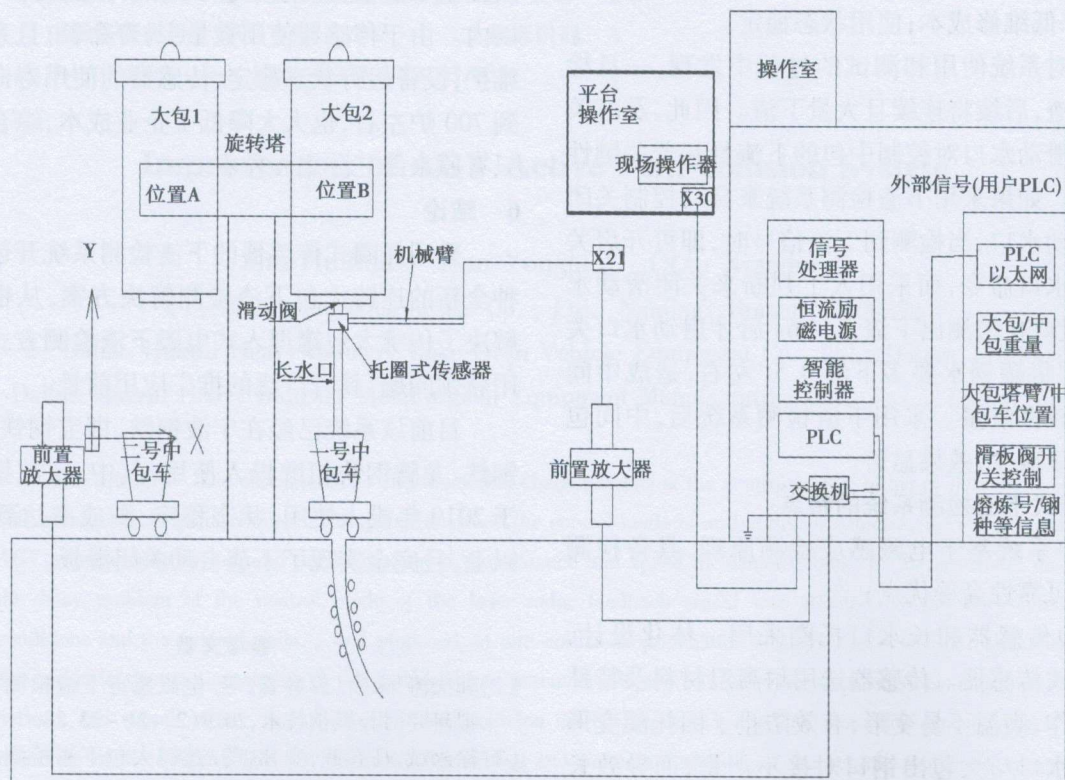


图8 下渣检测系统配置图

表1 手动关滑板钢水收得率比较

状态	平均剩钢(t/炉)	108炉钢水收得率(t)
投用前	4.4	
投用后	3.7	75.6

随后,又对系统进行了2个浇次共30炉的下渣检测报警后自动关闭大包滑板的测试,钢种分别是低碳钢(Q235B)和低合金高强度结构钢(Q355B)。测试结果如表2所示。

表 2 测试炉次剩钢量

单位	次数				总计
炉数(炉)	4	6	11	9	合计 30
总剩钢(t)	6	6	5.5	0	合计 17.5
平均剩钢(t/炉)	1.5	1	0.5	0	0.58

通过表 2 可以得出,平均最大剩钢量为 1.5t,平均剩钢量为 0.58t。同时,中间包在未进行中包排渣作业的情况下,2 个浇次结束时中包总渣厚分别 60mm 和 50mm,中包余量分别控制在 11.3t、10.5t,与历史中包余量平均数据的 12.86t 对比,有效降低中包余量、提高中包钢水收得率。该研究成果获得《一种外置托圈式钢包下渣检测装置》授权专利号为:ZL201821964328.5。实现了“五高两低一稳定”即与振动式相比提高了受外界条件干扰的稳定性、提高了下渣检测的精度、能高效的区分钢水与钢渣、提高钢水收得率、提高铸坯产品质量;与埋入式相比能降低操作和维护工作量、降低维修成本;使用状态稳定。

在对系统使用和测试的过程中发现,一旦检测到下渣,后续将连续且大量下渣。因此,及时关闭大包滑动水口对控制中包的下渣量起着关键性的作用。如果采用下渣检测系统来自动控制关闭大包滑动水口,当检测到下渣信号时,即可开启关闭大包水口命令,而采用人工判断来关闭滑动水口,一般要在检测出下渣 5s~6s 后才启动水口关闭,平均每罐钢水要多下渣 0.5t 左右,造成中间包进入较多渣量。采用下渣检测系统后,中间包渣量明显减少,效果显著。

5 托圈式下渣检测系统的特点

(1) 系统基于电磁感应检测原理,具备检测精度和可靠性高等优点;

(2) 传感器和长水口托圈采用一体化设计,即托圈式传感器。传感器选用耐高温材料及特殊工艺制作,高温不易变形,有效防止了因托圈变形使得长水口与大包出钢口对接不严密,而导致长水口中进空气产生冷钢的现象,有利于提高系统测成率及浇铸连续性和铸流稳定性;

(3) 传感器在线使用数量大幅减少,只需在机械手安装一个传感器,不需要安装到每个大包

上,数量只有原来的十分之一,且系统改造时无需改动现场任何设备,而埋入式传感器需对每个大包的座砖、基准板和大包外壁进行改造;

(4) 维护简单,系统安装调试完成后,即可长期使用,不需进行特别维护。免除了埋入式系统需要上旋转塔上检查或更换信号电缆,信号接插件远离高温区域,有效避免了接插件氧化、插座和信号电缆被撞坏、烧损等问题,大幅提高了系统使用率和测成率;在线使用率高,传感器拆装方便,更换传感器只需 5min~10min,大幅降低了维护人员的检修、维护工作量;

(5) 系统自动化程度高,具有各种记录、统计及分析功能,系统操作简单,不需像埋入式传感器那样每次换包要插拔接头,一旦选择自动,无需人为干预,不需要每次换包拔插接头,安全性高,减轻了岗位人员劳动强度;

(6) 系统投运后,在提高收得率的同时,可有效控制下渣量,连浇 15 炉的渣厚可控制在 80mm 以内。由于传感器使用数量少,寿命长,且系统免维护,设备运行状态稳定,传感器的使用寿命可达到 700 炉左右,也大大降低了企业成本,综合成本只有原来的三分之一左右。

6 结论

采用托圈式传感器的下渣检测系统开创了一种全新的连铸大包下渣检测解决方案,从根本上解决了传统大包罐埋入式电磁下渣检测方式的应用瓶颈问题,具有广泛的推广应用前景。

目前该系统已经在宁波钢铁、邯宝钢铁、中天钢铁、龙腾钢铁相继投入使用,其中,宁波钢铁已于 2019 年投入使用,状态稳定,测成率达到 97% 以上,且完全实现了下渣自动关闭滑板。

参考文献

- [1] 郭庆涛,宋宇,彭春霖,等. 电磁感应下渣检测技术模拟研究[J]. 鞍钢技术,2019(2):21-23,28.
- [2] 徐永斌,马春武,幸伟,等. 连铸大包下渣检测技术的发展及应用[J]. 山东冶金,2012,34(2):7-9.
- [3] 职建军,裘嗣明,侯安贵. 钢包下渣检测技术在宝钢的应用[J]. 宝钢技术,2004(05):5-7.

(收稿日期:2023-02-03)