

“一键式”自动铸渣技术的研发与应用

纪利华 崔平

金隆铜业有限公司

DOI:10.12238/acair.v3i3.15616

[摘要] “一键式”自动铸渣技术的研发应用为同行业内第一个实现铸渣流程自动化及白铍自动识别,铸渣过程实现了原始人工倾动控制铸渣变为全自动铸渣。使铸渣全过程更容易实现精细化控制,减少人为操作及员工主观判断的影响,可有效的减少白铍发生量,增加冷铜处理,增加阳极板产量。具有创新性地实现转炉铸渣智能化工作。

[关键词] “一键式”; 白铍自动识别; 智能化; LIBS 激光诱导击穿光谱技术

中图分类号: TP212.6 **文献标识码:** A

The Development and Application of the "one-click" Automatic Slagging Technology

Lihua Ji Ping Cui

Jinlong Copper Co.,Ltd

[Abstract] The development and application of the "one-click" automatic slagging technology marks a pioneering achievement in the industry, successfully automating the slagging process and enabling automatic identification of white beryllium. This innovation transforms the traditional manual tipping control of slagging into a fully automated process. It facilitates more precise control throughout the entire slagging procedure, significantly reducing human intervention and subjective judgment by employees. Consequently, it effectively minimizes the occurrence of white beryllium, enhances cold copper processing, and increases anode plate production. This represents a groundbreaking advancement in intelligent operations for converter slagging.

[Key words] "One-Click"; Automatic Identification of Beryllium; Intelligent Technology; LIBS (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) Technique

前言

转炉渣铸渣是冶金过程回收白铍等有价值元素,以及实现废渣减量化与资源化的关键环节,其效率和精度会直接影响资源回收利用率与生产经济性。改造之前,铸渣作业依靠人工倾转铸渣机完成,操作人员要在高温恶劣环境中持续进行观察,凭借经验判断铸渣终点。这不仅让劳动强度变得极大,而且人工判断容易受视觉误差、疲劳等因素的影响,导致终点识别出现偏差造成资源浪费或设备损耗。在高温环境中,长期作业还存在烫伤等安全隐患,制约着生产安全性与稳定性。基于LIBS激光诱导击穿光谱技术的自动铸渣系统,通过超短脉冲激光聚焦样品形成等离子体并分析其发射光谱,能快速实时检测成分且实现多元素同时识别,并且无需样品制备还能适应恶劣环境,可以精准判断铸渣终点并与倾转装置进行联锁,实现“一键式”自动化操作。

1 铸渣成分在线检测的实现

要实现自动铸渣,第一步需要解决铸渣成分在线检测,从而实现铸渣终点自动判断。改造前通过操作人员肉眼观察是否有白铍倒出,颜色对比法不适应现场高温、高粉尘、高烟气的客观条

件,烟气存在严重的干扰,无法有效识别熔体。综合对比后,结合现场工况,目前新兴技术(libs技术),能适应现场工况,且设备的检测的精确度、数据及时性、可靠性都能满足现场要求。libs技术在铜冶炼应用较为成熟,但在铸渣终点判断方面应用研究还是首次。为了验证libs在铸渣成分在线检测方面的可靠性,对LIBS识别含铜数据与化验结果进行了对比,结果如表1所示。

化验室与LIBS结果平均绝对误差约为0.95,整体呈现出较小的偏差情况。在32个样品当中,有14个LIBS结果是高于化验室的,具体包括1#、2#、3#、5#、7#、10#、11#、12#、14#、18#、23#、25#、26#、27#这些样品,有18个LIBS结果低于化验室,涵盖4#、6#、8#、9#、13#、15#、16#、17#、19#、20#、21#、22#、24#、28#、29#、30#、31#、32#。多数样品的偏差处于1以内,只有7#、2#等少数样品偏差略微大一些,整体的一致性表现良好,表明LIBS检测具备较高的准确性。铸渣终点判断仪LIBS测量平均绝对误差0.0014%,能根据人工设定次数不间断对渣溜槽持续进行Cu检测,并在检测到白铍时1~5s内及时反馈结果,良好的达成了目标。

表1 LIBS与化验室检测结果对比

样品编号	化验室结果	LIBS结果	样品编号	化验室结果	LIBS结果
1#	69.87	70.86488	17#	33.2	32.26057
2#	11.23	12.97423	18#	50.19	50.7425
3#	9.27	11.09019	19#	49.98	48.37797
4#	6.48	5.969733	20#	50.85	49.71914
5#	18.02	19.16801	21#	68.6	68.2514
6#	53.22	52.91551	22#	68.39	67.55791
7#	78.05	80.62502	23#	68.62	69.96051
8#	2.52	2.377945	24#	39.26	37.47005
9#	15.87	15.08209	25#	10.07	10.22767
10#	30.64	31.19254	26#	10.13	10.63897
11#	30.82	31.5348	27#	10.4	10.84394
12#	16.09	16.11	28#	44.21	43.11512
13#	16.26	16.17	29#	43.8	43.75044
14#	16.30	16.62113	30#	45.04	43.75156
15#	33.43	33.08	31#	42.28	41.63855
16#	33.11	32.36	32#	41.55	41.29456
平均值	化验室	34.93		LIBS	34.93

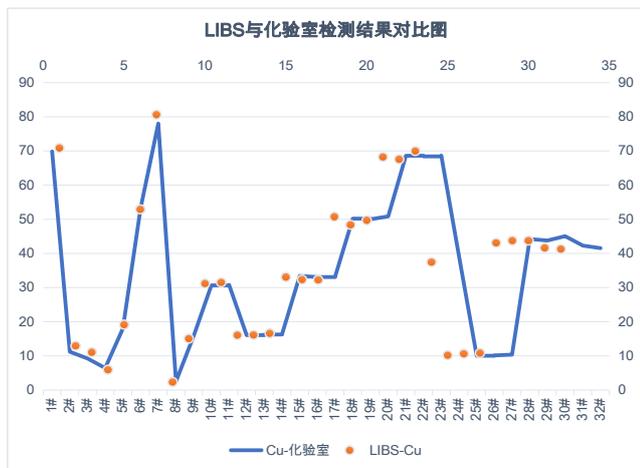


图1 LIBS与化验室检测结果对比图

铸渣终点判断主要基于LIBS技术测量判断,利用激光聚焦在样品表面上,形成由电子激发的原子和离子组成的等离子体。随着这些原子衰变回到其基态,它们会发射出特征光谱,通过分析这些光谱,快速确定熔体的成分。

2 铸渣过程可视化控制的实现

监控画面借助Movicon组态实时展示铸渣机各设备状态、LIBS检测数据以及速度配方参数,同时用动态图标反馈前挡帘、小车等设备开关状态和运行步骤进度,画面同步显示联锁自动铸渣程序进程。在执行自动启动之后按逻辑依次点亮各设备运行图标,实时更新液压阀门升降状态,LIBS数据与化验值对比以

柱状图形式呈现。画面标注14个样品LIBS高于化验、18个低于化验的结果,方便操作员直观做出判断,白钨检测报警时画面即时闪烁报警框并锁定当前状态,支持操作员通过画面修改配方、暂停或继续程序,实现监控与控制的联动反馈。

2.1 监控系统构成

在设计时,根据监控对象的特性,整个监控系统由2个部分组成:即控制系统与监测系统,用以对各种瞬间发生的电气事件进行分析判断,对现场众多电气数据统计处理。选用艾默生RX3i系列EPSCPE100可编程控制器构成了铸渣机监控系统的主体,所有针对铸渣机的控制、检测等功能都是通过它来实现的。该系列可编程控制器是艾默生全集成自动化系统中的控制核心,是其集成与开放特性的重要体现,在CPU运算速度、程序执行效率、故障自我诊断、联网通讯、面向工艺和工艺控制的功能集成效果显著。考虑现场实际情况,与模块DI/DO和AI/AO选型,故配置2块数字量接口模块和2块模拟量接口模块。电源用IC200PWR102。系统总体由信号采集、数据通讯、自动化、倾倒装置状态监控和过程可视化几部分组成。

人机界面采用艾默生的Movicon组态软件,画面及动画均在Movicon Config中进行,包括画面编辑、画面建点、点位配置、通讯设置等。

2.2 控制系统构成

PLC主程序主要由系统初始化程序、设备点动程序、铸渣机联锁自动铸渣程序、模拟量(环集阀开度)采集程序、停机程序和报警程序等构成。其中数据采集部分较为常规,难点在于铸渣机联锁自动铸渣程序。控制过程按顺序包括系统初始化→设备点动→铸渣机联锁自动铸渣→停机等。

先要对整个系统进行初始化,即在开始启动的时候,先对系统各个部分的当前工作状态进行检测,如出错则报警。系统进行初始化是在主程序中调用子程序来实现的。设备点动程序,即在初始化程序成功执行后,操作员可通过人机界面打开主画面设备分控界面,随意打开现场各设备(各设备自身已经包括打开/关闭超时保护,故障保护)且可以实时检测现场各设备反馈最新状态,如打开中、关闭中、打开到位、关闭到位。铸渣机工艺运行中,操作员提前选择高速、中速、低速配方中任意一种控制配方作为本次自动铸渣运行参数。现场自动铸渣允许按钮常绿色,如果显示红色,点开自动铸渣允许按钮,查看不满足条件为哪一项,对应解决后,允许铸渣按钮常绿后,操作员点击自动启动,随后前挡帘、前包子、后挡帘、运动小车、后包子、环集阀、油泵将按照自动逻辑自动运行打开与关闭。

程序进入自动铸渣液压阀门阶段,液压阀门自动打开(按照操作员提前选择速度配方运行)、自动停止。自动铸渣过程中,操作员发现提升速度不满足预期可以随时修改配方数据,此后运行过程将按照最新参数运行;运行过程中,操作员发现提升过程不满足预期,可以随时人为干预,点击暂停,随后自动程序暂停,操作员可以点动控制液压阀门上升/下降,干预完成后,点击继续,随后自动铸渣过程恢复(从刚刚暂停下一道工序继续);自

动铸渣过程开始后,白钨检测功能自动开启,自动铸渣过程中,发生白钨检测报警发生,系统会立即声光报警,且铸渣工序立即停止,液压阀门立即下降;自动铸渣过程中,液压阀门上升到限位后,系统立即停止上升,自动进入设置好的延时时间,倒计时完成,系统立即下降;系统运行过程中,操作员可以投入/切除白钨连锁。

停机程序,表示系统已经开启或准备开启某设备,此设备发生故障,如热继电器跳闸故障、油温故障、油位故障,设备将立即自动保护,控制程序切断RX3i系统输出,保护现场设备。报警程序是依据铸渣机的运行过程对各工艺参数的实时检测来实现的,凡是直接影响到铸渣机运行能引起铸渣机停机的故障信号,系统都设为报警,人机界面将声光报警提示操作人员。

3 “一键式”自动铸渣系统应用情况

“一键式”自动铸渣系统投入使用之后累计稳定运行187天,在此期间完成了423批次的铸渣作业,设备综合效率从原本的82.3%提升到了96.3%。单批次铸渣所需时间由12.7分钟成功缩短至8.2分钟,白钨回收率从82.1%提高到了89.3%,月均废渣排放量减少了28.8吨。现场操作人员数量从3人减少至1人,日均高温作业时间从6.8小时降低至2.0小时,月均设备故障次数从6.2次下降至1.8次。白钨识别响应时间从15.6秒提速到了3.2秒,92%的批次能够全自动完成作业,仅8%的批次需要人工进行微调,系统适配高速、中速、低速三种运行模式,能够满足连续化生产的实际需求。

表2 应用情况对比表

指标类别	具体指标	改造前	改造后
运行效率	累计稳定运行天数	-	187天
	完成铸渣批次	-	423批
	设备综合效率	82.30%	96.30%
	单批次铸渣时间	12.7分钟	8.2分钟
资源回收	白钨回收率	82.10%	89.30%
	月均废渣排放量	156.2吨	127.4吨
劳动安全	现场操作人员	3人	1人
	日均高温作业时间	6.8小时	2.0小时
	月均设备故障次数	6.2次	1.8次
检测响应	白钨识别响应时间	15.6秒	3.2秒
	全自动完成批次占比	-	92%

4 结论

本监控系统采用速度配方对铸渣机的不同类型进行速度控制,提高了效率;采用先进、可靠的传感器及计算机技术实现了铸渣机性能及状态的在线实时监控。能够在生产过程中实时掌握铸渣机运行参数和状态,改变了传统的设备管理方式,提高了铸渣机设备的自动化管理水平,有力的保证了铸渣机设备的经济、可靠运行,为设备的管理和维护提供了可靠的依据。利用高可靠性的工控PLC实现铸渣机的在线检测及控制,并具有远程数据传输条件,为下一步通过与中央集控室的工业控制计算机联网,实现铸渣机的厂级监控。系统调试完毕后,试车成功,主要完成的技术指标:

(1)设备改造后,性能稳定、控制可靠,能适应24h连续工作的特点;(2)系统的监控程度高,可实现铸渣运行状态的各设备参数实时检测;(3)铸渣全过程更容易实现精细化控制运行;(4)系统的维护量小,所需人员少;(5)设备整机耗电量下降,节能效果明显;

[参考文献]

- [1]王强强,习在辉,何生平,等.超低温高锰钢连铸保护渣研究进展[J].钢铁,2025,60(02):11-22.
- [2]何生平,刘亚东,李权辉,等.高铝钢连铸保护渣研究进展[J].钢铁,2024,59(05):1-11.
- [3]刘长伟,邹卓明.机器人自动加保护渣技术在宁波钢铁的应用[J].连铸,2022,(03):71-75+82.

作者简介:

纪利华(1982--),男,汉族,安徽池州人,职称:副高级电气工程师,主要研究方向:工厂设备智能化、信息化管理及技术改造。

崔平(1966--),男,汉族,安徽亳州人,职称:正高级电气工程师,主要研究方向:工厂设备智能化、信息化管理及技术改造。