副枪设备优化在240 t转炉上的应用*

张 胤[1],刁望才[1],徐 涛[2]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公稀土钢板材厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 包钢首次在稀土钢板材厂240 t转炉生产中采用副枪技术。在转炉整个炉役期间,副枪测成率随炉内熔池液面变化由前期92.4%下降到88.1%。通过对现有生产情况及设备条件分析和研究,有针对性的提出了解决副枪设备使用的方案,副枪测成率稳定在92.2%~93.9%之间。副枪技术指标的稳定提高,使得转炉供LF钢水质量得到了提升,为生产高附加值产品创造了良好条件。

关键词: 转炉副枪;炼钢;熔池液面;测成率
中图分类号: TF341.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)02-0021-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.02.008

Application of Equipment Optimization for Sublance of 240 t Converter

Zhang Yin[1], *Diao Wang-cai*[1], *Xu Tao*[2]

(1. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Rare Earth Steel Plate Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The sublance technology is adopted in the production with 240 t converter of Rare Earth Steel Plate Plant of Baotou Steel for the first time. During the whole campaign of converter, the measurement efficiency of sublance decreases from 92.4% to 88.1% with the change of bath level. The solutions to use of sublacne equipment are put forward through analyzing and researching existing production situations and equipment conditions as well as the measurement efficiency of sublacne is stabilized at 92.2%~93.9%. With the steady improvement of technical indexes of sublacne, the quality of molten steel for LF supplied by converter is improved, which creates good conditions for producing high added-value products.

Key words: converter sublance; steel making; bath level; measurement efficiency

副枪系统及其相关设备的开发是转炉炼钢的一个重要的进步。转炉炼钢生产过程中,使用副枪可以在不间断吹炼或不倾动转炉的情况下得到转炉熔池的温度、成分、液位等相关信息。包钢稀土钢板材厂3座240 t转炉于2012年分别引进达涅利—康力斯公司的智能自动炼钢模型及配套副枪系统,并于2014年至2015年先后投入使用。稀土钢板材厂产品结构以低碳钢、超低碳钢为主,终点钢水平均碳含量在0.04%左右。智能自动炼钢配合副枪使用测成率在整个转炉炉役前中期均达到保证值要求,但

* 收稿日期:2020-01-13
作者简介:张 胤(1985-),男,河北省张家口市人,助理工程师,现从事炼钢工艺研究工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

伴随转炉进入炉役末期，转炉冶炼钢种对炉衬侵蚀较大，炉底高度降低，熔池液位下降，副枪原设计参数运行下副枪测成率明显降低，导致副枪探头使用成本增加，转炉终点钢液情况判断受到影响。因此，相关工艺、设备技术人员提出对副枪设备及工艺进行改进。

1 副枪技术应用

1.1 副枪自动化基本功能

副枪是智能自动炼钢模型系统的重要工具，在PLC控制下实现冶炼过程全自动测量功能。在转炉每个冶炼周期，有两次测量过程，在吹炼过程测量使用TSC探头进行测温、取样、定碳，吹炼终点测量使用TSO探头进行测温、取样、定氧和测量熔池液位。副枪自动化炼钢控制系统主要包括副枪升降旋转装置、探头自动装卸系统、数据分析系统、转炉二级计算机系统。副枪升降和旋转、探头的装卸等由一套PLC系统集中控制，实现快速测量，达到准确控制，实时将DIRC－6计算出的测量结果传递给过程控制计算机，对炼钢工艺过程进行优化控制。副枪升降精度为±10 mm，横移精度为±20 mm[1]。

1.2 副枪测量使用条件

(1) TSC探头使用条件包括：温度控制在1 540 ℃以上，要求废钢全部融化；氧气流量和底吹流量降低；吹炼终点前2 min左右进行测量；探头插入深度控制在500～700 mm之间；碳含量控制在0.15%～0.75%范围，保证高的测量精度。根据测量结果，调整补吹氧量和枪位达到终点温度和碳的命中，最优碳含量为0.2%～0.7%。

(2) TSO探头使用条件包括：降低底吹流量；吹炼结束后使用，氧枪停吹后30～40 s下副枪；副枪插入深度500～700 mm；根据测量结果，终点碳含量小于0.10%，保证测量精度。

1.3 副枪使用情况

包钢稀土钢板材厂使用的达涅利康力斯公司提供整套副枪设备，副枪枪体设计长度为21.9 m。每套副枪配套探头自动装卸装置(APC)一套以及相应1级控制PLC设备、2级自动炼钢计算模型、HMI人机操作控制电脑、网关控制柜。

在实际生产使用中，转炉炉役前中期(炉龄5 000炉前)，熔池液位高度波动在正常范围内。副枪TSC、TSO测量成功率在保证值范围内。1#、3#转炉炉龄在5000炉以下，测成率统计如表1所示。

表1 副枪测成率对比表

月份	转炉生产炉数			副枪测成率/%		
	1#	3#	合计	1#	3#	合计
1月	489	481	970	91.6	92.7	92.1
2月	475	542	1 017	93.1	92.1	92.6
3月	596	521	1 117	91.8	93	92.4
平均值	520	515	1 035	92.2	92.6	92.4

随炉龄增加，转炉熔池液位波动明显，原有设计熔池液位最低点975 mm已经为副枪测量PLC程序中下极限点。但实际生产中，熔池液位已经低于该点。因此严重影响副枪测成率。转炉炉役末期(炉龄5 000～7 000炉)，测成率统计如表2所示。

表2 副枪测成率对比表

月份	转炉生产炉数			副枪测成率/%		
	1#	3#	合计	1#	3#	合计
7月	549	581	1 130	86.3	85.8	86.1
8月	525	547	1 072	90.2	87.6	88.9
9月	586	541	1 127	89.2	89.3	89.2
平均值	553	556	1 109	88.6	87.6	88.1

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由表 1 和表 2 统计，总测成率平均值下降 4.3 个百分点。测成率降低严重影响转炉终点对钢水情况的判断，同时测量失败后，探头无法重复使用，造成了大量副枪探头的浪费，加大了生产成本。针对这一情况，结合现场设备与达涅利康力斯公司对副枪 PLC 程序的技术支持，在原有副枪维护使用的方法前提下，提出对副枪技术改进方法。

2　副枪设备优化

2.1　加长副枪枪体

副枪头与把持器直接采用细密的螺纹连接，其中有 2 处采用密封圈进行密封连接，改进加长后的副枪枪体从副枪头部分加长，定制加长 200 mm 的副枪枪体焊接件重新焊接使副枪整体长度延长 200 mm。加长后的副枪枪头如图 1 所示。

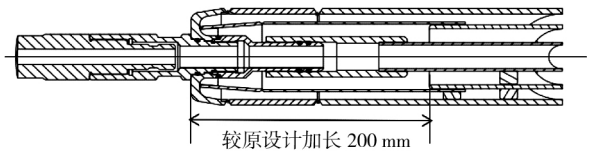


图 1　副枪枪头加长后结构图

2.2　副枪探头安装装置技术改进

自动加装探头机构（APC）的功能是从存储箱中选择一个合适的探头，夹住，并与副枪在一条直线上。接着，副枪下降连接到探头夹持器[2]。副枪 APC 探头拆卸装置中有接近开关控制副枪与探头连接。当副枪枪体加长后，相应接近开关位置也进行了相应调整，保证当探头连接好后，接近开关可以感应到探头位置，并将信号传回 PLC 内。

2.3　副枪控制 PLC 程序修改

副枪自动控制系统的硬件主要包括 PLC 控制系统、传动控制系统、副枪仪表设备、二级服务器。PLC 控制系统主要由 PLC 控制柜、现场配电盘、服务器等组成。PLC 控制柜主要包含基于西门子提供 CPU416，其主要功能是对输入的数字或模拟信号进行编程处理，将结果输出到相关设备使其做出相应的动作等，还有电源模块、数字和模拟 I/O、存储器、高速计数模块，与 DIRC 的通讯接口、副枪 PLC 控制系统的辅助设备、1 级与 2 级通讯网关 PLC 等[3-4]。

副枪枪体加长后，副枪运行测量程序时的相关高度数据在 PLC 控制程序中进行相应修改。副枪基准高度、连接探头时副枪运行高度、测量时副枪插入熔池深度、测量后探头拆卸过程运行高度数据基准参数均由达涅利 PLC 程序专家做出相应修改。

3　使用效果

3.1　副枪测成率分析

在副枪设备维护运行原有技术要求下，副枪枪体加长，有效缓解了因熔池液位降低对测成率的影响。副枪 TSO 终点测量测成率显著提高。稀土钢板材厂炼钢作业部 3 座转炉炉龄间差距 1 800 炉左右，其中 2#转炉炉龄 6 400 炉，1#转炉炉龄 2 800 炉，3#转炉炉龄 4 400 炉，统计 3 座转炉连续三个月内副枪使用结果如表 3 所示。

表 3　副枪测成率对比表

月份	转炉生产炉数				副枪测成率/%			
	1#	2#	3#	合计	1#	3#	2#	合计
12 月	484	476	435	1 395	92.2	93.1	93.3	92.9
1 月	476	449	460	1 385	93.9	93.3	92.4	93.2
2 月	435	458	427	1 320	92.6	93.2	92.9	92.9
平均值	465	461	441	1 367	92.9	93.2	92.9	93.0

3.2　设备情况

副枪设备改造后，副枪枪头部分因经过重新焊接，相比较原副枪，有明显焊接痕迹如图 2 所示。在正常维护使用过程中，枪体外表面因焊接痕迹而不平整，容易出现枪头粘钢情况发生，如图 3 所示。在与设备维护人员沟通协调后，副枪枪头焊接痕迹用角磨机处理平整，光滑。粘钢现象明显下降。

因其他硬件设备未进行改动，因此一直沿用已经制定的副枪维护保养说明进行相应维护。改造以来，其他硬件设备一直未发生故障。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

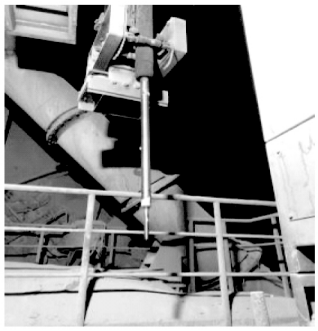


图2 副枪枪头焊接痕迹



图3 副枪粘钢

4 结束语

副枪原设计中，未考虑熔池液面下降导致测成率降低的情况。结合生产现场实际情况，枪体加长200 mm，相应控制PLC程序及现场控制设备也进行了升级，同时，设备维护人员对加长后枪体焊接焊缝进行了特别打磨维护处理以减少沾钢现象发生，增加了副枪设备运行稳定性。副枪枪体加长后，熔池液位波动对副枪测成率带来的影响基本消除。3座转炉全炉役测成率由改造前92.4%～88.1%提升至改造后平均93%，2#转炉炉龄超过6 000炉时，测成率稳定在平均92.9%。

参 考 文 献

[1] 刁望才，杨吉春. 转炉副枪系统的设备功能与应用[J]. 包钢科技，2015，(6)：26－28.

[2] 卢雅青. 炼钢转炉副枪控制系统的优化[D]. 呼和浩特：内蒙古大学，2016.

[3] 肖勇. 副枪测量技术在炼钢过程控制中的应用[J]. 工业计量. 2006，(2)：19－21.

[4] G. J. Apeldoorn，P. D. Hubbeling，P. Gootjes. 达利涅康力斯副枪系统的应用[J]. 钢铁，2004，(11)：29－32.

(上接第7页)

分析影响焦炭质量预测效果的各类因素，针对性的加强企业基础管理，保证各环节工序质量指标数据的真实有效，在此基础上利用大数据技术，探寻提高管理和效益的新途径，促进企业的发展，是适应变革的应有意识。

参 考 文 献

[1] 王利斌. 焦化技术[M]. 北京：化学工业出版社，2012.

[2] 姚昭彰，郑明东. 炼焦学[M]. 北京：冶金工业出版社，2006.

[3] 陈良臣. 大数据挖掘与分析的关键技术研究[J]. 数字技术与应用，2015，(11)：93.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net