

Practice of Improving Automatic Flow Rate of Low-Phosphorus Steel at Xiang Steel Huang

Linhua Huang

Hunan Valin Xiangtan Steel Co., Ltd., Xiangtan, Hunan, 411101, China

Abstract

This paper addresses the issue of low automatic tapping rate in ladles for low-phosphorus steel and conducts research on the characteristics of tapping sand materials and process optimisation. The smelting of low-phosphorus steel requires high steel cleanliness, and post-tapping oxygen blowing operations can easily lead to secondary oxidation and phosphorus increase in the steel, seriously affecting product quality. By controlling the solidified steel at the bottom of the ladle, ensuring that particles of 0.1-0.5mm make up more than 75% of the tapping sand, improving the ladle mouth seat bricks, adding 5-8kg of silicon carbide to the tapping sand surface, and optimising on-site process operations, the automatic tapping rate of low-phosphorus steel was increased from 98% to over 99.50%, with a maximum of 99.80%. The average monthly oxygen blowing times decreased from 50 to fewer than 10, and the ratio of low-phosphorus steel castings reclassified due to oxygen blowing was reduced by 85%, resulting in annual comprehensive economic benefits of about 3 million yuan. This study provides technical support for efficient casting of low-phosphorus steel.

Keywords

automatic tapping rate; low-phosphorus steel; steel cleanliness

湘钢低磷钢种自动引流率提升实践

黄林华

湖南华菱湘潭钢铁有限公司, 中国·湖南湘潭 411101

摘要

本文针对低磷钢种钢包自动引流率偏低的问题,开展了引流砂材料特性与工艺优化研究。低磷钢种冶炼对钢水洁净度要求高,引流失败后的烧氧操作易导致钢水二次氧化增磷,严重影响产品质量。通过控制钢水罐底部结冷钢、控制引流砂0.1-0.5MM颗粒度占比75%以上、改进钢水罐水口座砖、引流砂砂面添加5-8KG碳化硅、优化现场工艺操作等措施,实现了低磷钢种自动引流率由98%提升至99.50%以上,最高值达到99.80%,烧氧次数由月均50次降至10次以内,因烧氧导致的低磷钢种铸坯改判比例减少85%,年综合经济效益约300万元。本研究为低磷钢种高效浇注提供了技术支持。

关键词

自动引流率;低磷钢种;钢水纯净度

1 引言

钢水自动引流是指钢水罐自滑板打开后,钢水在无人工进行烧氧操作等干预的条件下自行流出,自动引流率是衡量钢铁厂精炼与连铸工序衔接效率及钢水质量的关键指标。在钢水罐开浇过程中,依靠引流砂自动打开水口,不仅能有效避免烧氧带来二次氧化污染钢水,同时造成钢水温度损失,更是保障连铸高拉速、实现“恒拉速浇钢”的前提。根据生产数据统计,钢水罐未自动引流会导致连铸非计划停浇、铸坯改判等生产事故,事故损失高达数十万元/次。由此,不断提升钢水自动引流率,对于实现绿色低碳生产、控制钢水夹杂物提升钢水纯净度等具有重要的工业价值。

【作者简介】黄林华(1988-),男,壮族,中国广西来宾人,本科,工程师,从事钢铁厂工艺技术和管理工作。

2 现状

受出钢温度低、钢水在罐时间长等原因影响,湖南华菱湘潭钢铁有限公司炼钢工序低磷钢种自动引流率长年在98%左右徘徊,但是针对抗酸管线钢、Q960以上高强钢、厚板坯抗酸容器钢等高纯净度要求的低磷钢种,烧氧引流造成的钢水二次氧化会严重影响产品内部质量,需要针对烧氧过程连铸中间包钢水对应铸坯及其衔接铸坯挑出改判或者判废^[1],烧氧时间过长还造成连铸机非计划停浇。因此,随着高级别品种生产比例的不提高,进一步提升自动引流率成了该厂炼钢生产的重要限制性环节之一,亟待解决。

3 提升钢水自动引流率实践

该厂采用“转炉—LF精炼炉—VD/RH真空炉—连铸”的炼钢工艺流程生产低磷钢种,为进一步提升钢水自

动引流率，成立了攻关团队重新梳理从加砂——出钢——精炼——开浇整个过程，从整个工序着手攻关，总结有效措施如下：

3.1 控制钢水罐底部结冷钢

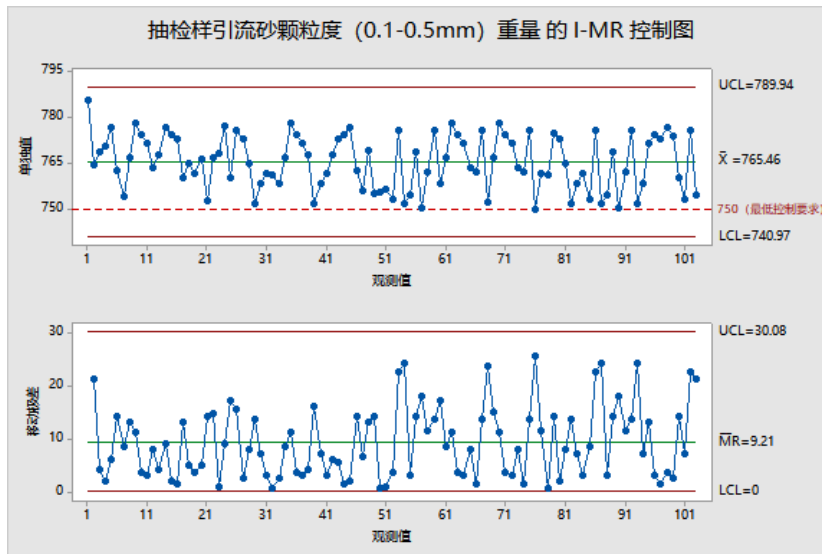
该厂从转炉到精炼过程比较长，正常倒运需要 50~60 分钟。如天车有其他吊运作业冲突，有时能达到 60 分钟以上，由于钢水在罐时间长罐底部结冷钢覆盖水口引流砂，导致不能自动引流。针对底部结冷钢的现象，关系到转炉出钢温度和炉后吹氩，考虑转炉降铁耗指标，转炉出钢温度通常控制在 1570~1600℃之间，加之出钢过程的温降和转炉加合金的温降，导致钢水在钢水罐的温度很低，容易结冷钢诱发水口内引流砂板结。针对结冷钢的问题，攻关团队采取的措施是：

- 1) 加强钢水罐加盖的管理，通过加盖提高投罐温度。为进一步提高钢水罐加盖比例，对异常情况导致卸盖的，分析原因并落实责任，2025 年以来钢水罐带盖率一直保持在 95% 以上。
- 2) 通过数据分析发现 D 类罐的烧氧几率是其他类型的钢水罐高 2 倍，该厂进行了降低 D 类罐比例攻关，通过优化大罐投入计划、控制异常下线等手段来减少 D 类罐的产生，D 类罐比例也从 2025 年初的 10% 降低到目前的 4%。
- 3) 通过提高吹氩效果，确保钢水罐底部的冷钢能在精炼冶炼过程中融化，关于这一原因主要做三方面工作：a 制

定转炉出钢到钢水起吊的吹氩标准，出钢前期必须开氩气搅拌，出完钢后再开大氩气强搅拌大于 3 分钟，主要是防止透气砖处结冷钢，堵死吹氩口。b、制定了投罐前对透气砖试气检查的标准，热修严格按标准检查，确保透气砖通气。c、引进了透气砖修补料，用于修补凹陷比较深的透气砖，防止透气砖砖芯的凹坑结冷钢被堵死。

3.2 稳定引流砂质量

通过观看铸机烧氧回放视频，项目组发现有很多烧氧炉次，在烧氧管插入水口后能看到有引流砂先下来，然后钢水随之下来，工程师分析这种情况都属于引流砂质量问题，引流砂在水口中会出现一些物理变化，比如：被钢水重量压实板结、被钢水渗透凝结，被高温烧结。这三种情况都会导致不能自动引流。被钢水重量压实板结和被钢水渗透凝结着两个问题都跟引流砂颗粒度有一定的关系，引流砂颗粒太细就容易压实板结，引流砂颗粒过大，颗粒间间隙大就容易被钢水渗透凝结，因此项目组组织对引流砂颗粒进行筛查，由于颗粒度没有现成的标准，项目组摸索符合现场的颗粒度情况制定标准，通过长期的筛查数据与烧氧数据进行对比，逐步摸索出比较适合我厂的引流砂颗粒标准：抽样检查 1000 克引流砂内 0.1-0.5mm 颗粒度占比 75% 以上，并针对引流砂批次进行。



3.3 规范 LF 炉升温工艺

该厂使用的铬质引流砂烧结温度为 1700℃，钢水温度接近该温度的状态后在紊流场的导热作用下会加速水口内部的引流砂板结导致连铸大包滑板拉开后不能自动引流^[2]，对于该项高温烧结导致不能自动引流项目组现场进行了长期的跟踪，发现钢水温度在 1660℃以上的炉次引流砂板结概率明显增高。因此，对 LF 炉升温做了明确规定，不允许大于 1660℃。统计该厂 2025 年 10-12 月份 LF 炉升温过程实际最高温度执行情况，平均值 1602.5℃，最大值

1657℃，标准差 26.8，95% 均值置信区间位于 1601.1℃ - 1603.9℃。

3.4 烘烤新更换的钢水罐上水口

每月对烧氧炉次进行整体对比分析，我们对烧氧数据的对比发现，热修更换完钢水罐上水口后第一次使用，引流率明显低于正常水平，比如：2025 年 2 月，热修更换完钢水罐上水口后第一次使用的炉次引流率是 97.2%，2025 年 3 月，热修更换完钢水罐上水口后第一次使用的炉次引流率是 97.5%，2025 年 4 月，热修更换完钢水罐上水口后第一次使

用的炉次引流率是 98.1%。针对这个现象,分析是更换上水口要使用火泥,火泥中含水量是 5%,换完上水口后再装钢水时,钢水的高温使火泥中的水分蒸发,水蒸汽可能会搅动引流沙,使引流沙翻腾而上浮,从而造成水口内引流沙的量减少,钢水填充到水口内凝结^[2]。我们采取了烘烤措施,即:每次更换完上水口后,要求用木块加氧气助燃,烘烤三分钟,把火泥中的水分烤干。通过实施烘烤措施,2025年9月,热修更换完钢水罐上水口后第一次使用的炉次引流率达到 99.3%,2025年10月,热修更换完钢水罐上水口后第一次使用的炉次自动引流率达到 100%,已达到较好水平。

3.5 控制钢渣回流,避免水口堵塞或者引流砂板结

钢水罐在周转过程中,罐内总会存留一些液态的钢渣,由于水口时钢水罐内的最低位置,所以钢水罐立直后,液态钢渣会往最低处流,流进水口内,控制措施:

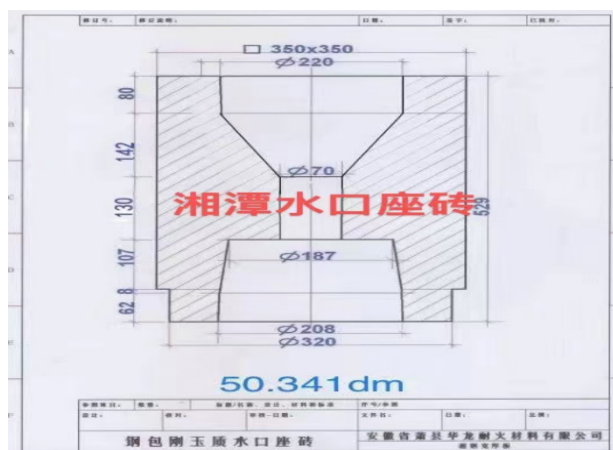
1) 浇完返回的钢水罐在炉后除了翻到钢水罐里面以外,必须在炉后渣罐在翻一勾,确保液态渣完全翻出。

2) 投罐前岗位人员必须对炉后翻渣进行确认,保证液态渣最后翻出不成线或无明显有液态渣流方可落炉后钢水车。

3) 加砂工在加砂前确认水口内是否有钢水回流和掉渣情况,如果有及时反馈处理,确保水口内无异物。

3.6 水口座砖改型

项目攻关期间该厂进行了钢水罐水口座砖改型的尝试,通过大量生产数据对比试验采用了当前使用的水口座砖,此座砖的引流率效果最佳。



3.7 引流砂加入方式优化创新

通过调整引流砂的加入方式来提高自动引流率。先后试验过不同加入量情况下的引流率情况,最终得出结论加入量不能太少,也不能太多,要根据水口的大小加 3~4 包,让引流砂能填满水口并能堆积起一个小堆即可^[3],这样引流率最佳。目前常用的引流砂种类有铬砂、锆砂以及辅助用的硅砂。最初使用铬砂,引流率不是很理想,后面试用锆砂效果更差,经过不断尝试,找到了目前使用效果最好的加砂方式:底部铬砂,上部硅砂。这种加入方式在普通钢种上引流率能稳定高于 99.2%,比较理想。

此外,针对 LF 炉冶炼时间长,钢种 P 含量要求比较严格的特殊钢种,由于转炉出钢温度低的品种钢上引流率不足 98%,在这些钢种上项目组研究出新的加入方案。加完引流砂后在引流砂上面再加 5~8Kg 碳化硅,防止水口周围结冷钢,影响自动引流^[2],目前取得了较好的效果,低磷钢种自动引流率达到 99.5% 以上。项目组攻关过程该厂低磷钢种自动引流率指标数据统计如下:

4 结语

该厂采用“转炉——LF 精炼炉——VD/RH 真空炉——连铸”的炼钢工艺流程生产低磷品种钢,通过控制钢水罐底部结冷钢、控制引流砂 0.1-0.5MM 颗粒度占比 75% 以上、改进钢水罐水口座砖、引流砂砂面添加 5-8KG 碳化硅、优化现场工艺操作等措施,实现了低磷钢种自动引流率由 98% 提升至 99.50% 以上,最高值达到 99.80%,烧氧次数由月均 50 次降至 10 次以内,因烧氧导致的低磷钢种铸坯改判比例减少 85%,年综合经济效益约 300 万元。炼钢现场生产组织、低磷品种钢钢水纯净度生产钢水纯净度得到有效提升。

参考文献

- [1] 张雷.引流砂装入量对自引率及钢水洁净度的影响[J].冶金动力,2023,(3):108-110.
- [2] 王云阁;刘春雨;夏明生;刘立学;赵光;艾兵权;王晓华.河钢唐钢双相钢产品的开发与应用[J].河北冶金,2018,(11):1-4.
- [3] 黄宏虎;刘志鹏;钱伟涛;郭森林;赵建;韩颜明.影响钢包自开率的因素分析及改进措施[J].河北冶金,2020,0(5):50-52.