Metallurgical Engineering 冶金工程, 2021, 8(3), 143-147
Published Online September 2021 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/meng
https://doi.org/10.12677/meng.2021.83018

湛江钢铁350吨转炉环缝底吹控制浅析

骆宇辉，李志强，吴　政，廖永铭，覃　媚

宝钢湛江钢铁有限公司，广东 湛江
Email: 686243@baosteel.com

收稿日期：2021年8月5日；录用日期：2021年9月11日；发布日期：2021年9月18日

摘　要

为解决高强度吹炼与长寿命有效复吹的矛盾，实现高效脱磷和低氧化性渣控制，本文介绍了宝钢湛江钢铁炼钢厂350吨转炉环缝底吹控制措施，将转炉平均碳氧积降低至0.0020%以下。

关键词

复吹转炉，碳氧积，脱磷效率

The Analysis of Measures of Annular Gap Bottom Blowing for 350 Tons of Converter

Yuhui Luo, Zhiqiang Li, Zheng Wu, Yongming Liao, Mei Qin

Baosteel Zhanjiang Iron and Steel Co., Ltd., Zhanjiang Guangdong
Email: 686243@baosteel.com

Received: Aug. 5th, 2021; accepted: Sep. 11th, 2021; published: Sep. 18th, 2021

Abstract

In order to solve the contradiction between high-intensity smelting and Long life combined with blowing effects, and to achieve high-efficiency dephosphorization and low-oxidizing slag control, this article introduces the control measures of annular gap bottom blowing for 350 tons of Converter of Baosteel Zhanjiang Iron and Steel Co., Ltd. The average carbon-oxygen equilibrium of the Converter has been controlled under 0.0020%.

Keywords

Combined-Blowing Converter, Carbon-Oxygen Equilibrium, Dephosphorization Efficiency

文章引用: 骆宇辉, 李志强, 吴政, 廖永铭, 覃媚. 湛江钢铁 350 吨转炉环缝底吹控制浅析[J]. 冶金工程, 2021, 8(3): 143-147. DOI: 10.12677/meng.2021.83018

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 背景介绍

湛钢炼钢厂于 2015 年 9 月投产，现有 4 座 350 吨转炉、3 座 RH 精炼工位、2 座 LF 精炼工位、2 座 LATS 精炼工位、4 台连铸机[1]。现主要产品包括：优质碳素结构钢、中碳合金钢、汽车结构用钢、压力容器用钢、管线钢、无取向硅钢等多个品种。

随着湛江钢铁炼钢厂推进铁钢比工作以来，转炉以多进废钢，少进铁水为原则进行冶炼，多进废钢导致废钢带入渣增加，铁钢比期间转炉炉内平均渣量已增加至 35 t。在转炉炉内渣量大的铁钢比阶段，转炉冶炼出现了底吹搅拌不足，底吹风口效果差的现象，这不仅影响了钢水质量，也严重影响了生产的正常运行。一方面，因传统的毛细管底吹元件在转炉渣量大时不能起到良好的搅拌效果，为达到目标碳范围，转炉多吹氧，终渣氧化性高，钢水纯净度受到影响。另一方面，转炉渣量大，终渣氧化性高，对转炉炉衬耐材的冲刷侵蚀加剧，转炉维护炉衬耐材成本增加。通过对历史数据的分析，结合自身工艺要求，认为把转炉终点碳氧积控制在 0.0020%以下时，各方面都可以达到一个比较理想的效果[2]。为了攻克转炉高强度冶炼与长寿命有效复吹的矛盾，实现高效脱磷和低氧化性渣控制，湛江钢铁 3#转炉第 6 代炉役采用了北京钢铁研究总院自行研究的 Φ22 mm 型双环缝式底吹供气元件，并主动优化底吹工艺，为降低转炉碳氧积做准备。

2. 底吹系统配置

2.1. 底吹元件选择

湛江钢铁 3#转炉第 6 代炉役采用北京钢铁研究总院 Φ22 mm 型双环缝式底吹供气元件，如图 1。与传统的毛细管底吹元件对比，它有以下优点：1) 具有更好的高温抗折性能，且受热变形小；2) 各支路元件可以实现独立控制，有不易堵塞的优点；3) 环缝底吹元件中间用耐材填充，出气处缝隙小，底吹气流对元件的反作用冲击也小，元件不易被侵蚀；4) 元件有效直径大，调节范围大，可以实现大底吹流量冶炼，易形成透气性良好的钢－渣金属蘑菇头。

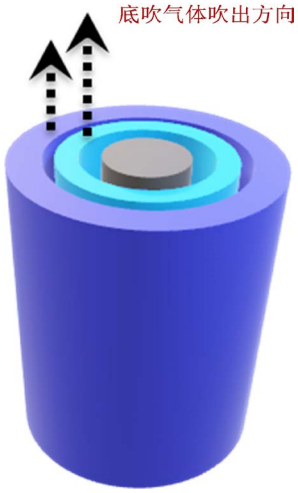

Figure 1. The element of annular gap bottom blowing
图 1. 环缝底吹元件

2.2. 底吹气源配置

湛江钢铁 3#转炉底吹采用氮气、氩气作为底吹搅拌气体，氮气、氩气按钢种成分需求进行切换。两种气体先经过氮气、氩气截止阀，再通过压力调节阀减压分成 8 路，最后由各支路上的流量调节阀调节流量后，送到分布于转炉底部的 8 块透气砖上，如图 2。

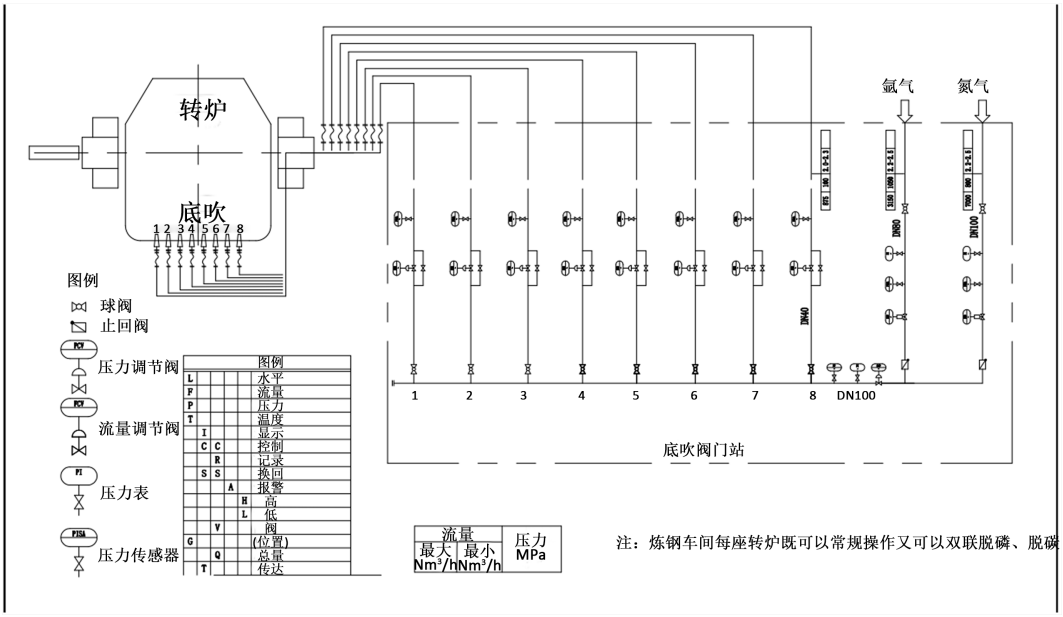

Figure 2. The air source configuration of bottom blowing
图 2. 底吹气源配置

3. 底吹工艺探索

3.1. 提高冶炼初期及冶炼终点的底吹气体强度

在转炉吹炼前期，较大强度的底吹搅拌，可以加强对渣－钢界面的搅拌程度，均匀温度，实现高效脱磷。其原理通过较大强度的底吹，优化转炉炉内的动力学条件，即把熔池里的废钢从低温区域搅拌到渣－钢界面的高温钢水区域，减缓该区域的升温速度，再把渣－钢界面的高温钢水带回废钢所处的低温区，促进废钢熔化，通过这样的方式促进熔池中温度均匀上升、成分均匀分布，进一步促进生成磷酸钙，稳定脱磷率[3]。因此，适当加强吹炼前期的底吹强度有利于废钢熔化，熔池均匀升温，实现转炉高效脱磷。

在转炉吹炼中期，伴随着碳氧反应的激烈进行，熔池的搅拌也比前期强烈，渣中(FeO)含量会进一步降低，导致石灰熔化受阻。而石灰熔化速度的下降，一方面会导致对脱磷有利的高碱度炉渣碱度降低，另一方面会造成炉渣反干，减弱熔池的动力学条件，最终使脱磷效率降低。所以，吹炼中期底吹流量要适当小。

在转炉吹炼末期，随着碳氧反应的持续进行，钢水中的碳含量已大大减少。此时渣中(FeO)含量上升，影响碳氧反应速度的限制性环节是熔池里的动力学条件。为进一步降低转炉终点钢水中的氧含量，打破吹炼终点碳氧平衡，促进碳氧进一步发生反应，实施终点静止脱碳工艺，从而达到降低钢水中氧含量的目的[4]。通过提高吹炼后期及吹炼结束提枪后镇静的底吹流量，加强转炉炉底气体搅拌，特别是在转炉吹炼结束后，良好的动力学条件可以促进碳氧的继续反应，能有效降低钢液中的过剩氧，减少脱氧合金化时形成夹杂物的量，从而提高钢水的质量，从而达到优化转炉冶炼指标的目的。

通过现场实践对比，同时考虑到底吹元件的寿命，将把底吹供气强度提高到 0.08 $Nm^3/t\cdot min$ 左右，8 支供

气元件每支的实际使用最大流量都约在 200 Nm^3/h 以内。经过实践总结，在兼顾可操控性的同时下，转炉底吹模式根据流量大小分为 3 种模式，如表 1。在转炉吹炼过程中，采用底吹搅拌强度“高→低→高”的底吹模式。联控时，8 根支管的设定参数均相同，单控时，根据单个透气转熔损速率调整，以满足不同工况下的冶炼。

Table 1. The mode of bottom blowing
表 1. 底吹模式

吹氧百分比/%	0	45	65	78	90	100
底吹气体流量模式一/Nm^3/h	800	800	560	560	800	800
底吹气体流量模式二/Nm^3/h	1000	1000	560	560	1200	1200
底吹气体流量模式三/Nm^3/h	1200	1200	560	560	1600	1600

3.2. 提高转炉顶吹供氧强度

经过工艺调整，3#转炉顶吹氧气流量从上炉役的 60,000 Nm^3/h 提高到 65,000 Nm^3/h，如表 2。提高转炉顶吹供氧强度，能提供良好的炉渣动力学条件，特别是在吹炼末期，能打破碳氧反应的限制性环节，提高脱碳效率，有效降低终点钢水的游离氧。

Table 2. The mode of top blow
表 2. 顶吹模式

吹氧百分比/%	0	25	45	78	90	100
顶吹氧气流量/Nm^3/h	68,000	63,000	60,000	65,000	68,000	68,000

3.3. 高强度顶底复吹情况下炉况维护技术

为了保证炉底厚度安全的前提下进行全炉役复吹，项目组制定了《溅渣护炉规定》。在转炉生产过程中，在《溅渣护炉规定》的实施下，转炉炉底维护状态较好，体现在底吹元件处容易形成透气性良好的渣－金属蘑菇头，见图 3，得利于透气性良好的渣－金属蘑菇头，转炉终点渣氧化性得到降低，转炉护炉压力减小。在传统的毛细管风口时期，湛江钢铁 350 t 转炉为避免开炉阶段堵风口，采取开炉前 50 炉不溅渣的措施，在采用新型环缝风口后，转变为开炉第一炉即溅渣，从一开始维护良好的底吹保护层与炉底，同时提高开炉阶段底吹供气强度，促进初始保护层生成与长大，通过缩短溅渣时间，轻溅渣的方式，有效控制溅渣层厚度，维护底吹透气效果。在《溅渣护炉规定》实施的情况下，通过提高吹炼前期、后期底吹强度，既能促进前期脱磷，缓解终点高氧化性脱磷压力，又能强化熔池搅拌，防止过氧化，促进钢渣平衡，降低炉渣氧化性，为溅渣护炉提供良好终渣条件，形成一个良性循环。

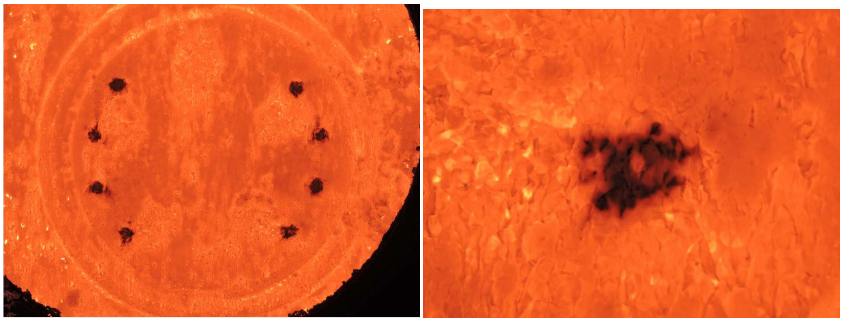

Figure 3. The element of Bottom blowing
图 3. 底吹风口

3.4. 建立碳氧积以及底吹风口可视化日通报制度

技术人员每天关注底吹流量及压力的变化情况且每天通过炉口观察炉底底吹元件的形态，根据冶炼要求适当调整前期、中期、末期冶炼过程的供气强度[5]。通过制作碳氧积通报模板，并且每班在微信群进行通报，技术人员能及时了解记录每日炉底底枪的可视化波动趋势，有利于保持底吹元件可视的同时无凹坑，维护底吹透气效果。

4. 实际应用效果

经过优化转炉底吹气体强度、提高转炉顶吹供氧强度，辅以合理的炉况维护技术，转炉炉况控制稳定，转炉吹炼终点钢水的平均氧含量降低。转炉平均停吹游离氧由 530×10^{-6} 降低至 450×10^{-6}，转炉平均停吹碳由 550×10^{-6} 降低至 440×10^{-6}，转炉平均碳氧积明显降低，由 0.00292%下降至 0.00198%。经过以上底吹工艺的探索实践，目前湛钢 3#转炉碳氧积控制相对稳定，后续还可能做进一步调整、突破。

5. 结论

增加转炉顶吹供氧强度，加强转炉吹炼后期、后期底吹强度，可以提高前期的脱磷效率，有效缓解吹炼后期脱磷压力的同时保证熔池达到良好的动力学条件，改善钢液的碳氧平衡。

炉底是影响碳氧积参数的主要因素。在溅渣护炉过程中，通过控制终渣的氧化性，碱度，渣量以及溅渣枪位，溅渣时间来控制炉底厚度，使透气性良好的渣－金属蘑菇头得到得当维护，有利于降低终点碳氧积。

转炉终点钢水氧化性降低，转炉合金收得率高，钢铁料消耗好，钢水质量好，对提升产品质量，降低成本有推进作用。

参考文献

[1] 覃媚, 吴政, 等. 湛钢 350 吨钢包减重措施实践分析[J]. 冶金工程, 2021, 8(1): 19-23. https://doi.org/10.12677/MEng.2021.81003

[2] 郑立国, 虞大俊, 等. 复吹转炉控制碳氧积的技术实践[J]. 梅山科技, 2011(6): 12-15.

[3] 曾加庆, 杨利彬, 等. 底吹搅拌对复吹转炉脱磷工艺的作用分析[J]. 钢铁, 2017, 52(6): 40-44+51.

[4] 高志滨, 温福新, 等. 莱钢顶底复吹转炉碳氧积稳定控制技术研究[J]. 山东冶金, 2015(6): 20-22+25.

[5] 袁广鹏, 张小伟, 等. 转炉冶炼低碳钢降低终点氧含量工艺实践[J]. 南钢科技与管理, 2020(2): 28-31.