

首钢迁钢 KR 机械搅拌法铁水脱硫效果

尹娜¹ 季晨曦¹ 李海波¹ 南晓东²

(1 首钢技术研究院, 北京 100043; 2 首钢迁钢, 河北迁安 064404)

摘要 通过对比 KR 机械搅拌法和喷吹法的工艺特点并结合自身情况, 首钢迁钢二炼钢铁水预处理脱硫选择了 KR 法。生产实践表明: KR 法脱硫工艺有极佳的动力学条件, 脱硫命中率高达 99% 以上; 脱硫剂利用率高, 平均脱硫剂单耗能控制在 7-8 kg/t 铁水; 脱硫处理周期短, 基本能稳定在 36min; 经 KR 法处理后的铁水硫含量能稳定控制在 0.002% 以下。虽然 KR 法脱硫过程铁水温降较大, 但是脱硫效果稳定, 长期运行成本较低, 经济效益较为可观。

关键词 KR 机械搅拌法脱硫效果铁水预处理

The Effectiveness of Hot Metal Desulphurization by KR Mechanical Stirring Method at Shougang Qiangang

Yin Na¹, Liang Boyong², Nan Xiaodong², Ji Chenxi¹, Li Haibo¹, Zhu Guoseng¹

(1 Shougang Research Institute of Technology, Beijing, 100043, China;

2 Shougang Qian'an Iron & Steel Co., Ltd, Qian'an, 064404, Hebei Province, China)

Abstract The KR method is selected for pretreated hot metal desulphurization at No.2 SMP of Shougang Qiangang according to the comparison of technology characteristics between KR mechanical stirring method and jetting method. Production results show that KR method has excellent kinetic condition, which desulphurization hit rate could reach 99%. The consumption of desulphurizing agent could be decrease to 7-8 kg per tons of hot metal. The total pretreated time could be 36min. Moreover, the sulfur content in hot metal could decrease to less than 0.002% after pretreatment by KR method. Although the heat drop during hot metal desulphurization by KR method was a bit more, the effectiveness was great and the cost was low.

Key Words KR mechanical stirring method effectiveness of desulphurization hot metal pretreatment

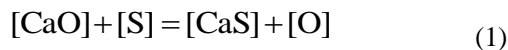
1 前言

硫对绝大部分钢种是非常有害的, 降低钢中的硫含量, 有利于提高钢的机械、工艺等性能, 以满足市场需要^[1]。一般要求钢中[S]的质量分数 $W[s]$ 不大于 0.02%, 某些特殊用钢, 对钢中硫含量要求严格。特别是对管线钢、厚船板钢、汽车用板等钢种, 则必须使成品钢中[s]的质量分数不大于 0.005% 或更低^[2]。要满足如此低的硫含量要求, 单靠高炉-转炉等工序很难实现。铁水脱硫已成为现代钢铁工业优化工艺流程的重要手段, 它不仅解放了高炉的生产能力, 同时也减轻或消除了吹氧转炉在炼钢时的脱硫负担。KR 机械搅拌法因其具有脱硫效果好, 喷溅少, 脱硫后转炉内钢水回硫少等优点, 被国内外钢厂广泛采用并取得了良好经济效益。因此, 采用 KR 机械搅拌法进行铁水脱硫对首钢迁钢进行产品结构调整、生产高附加值产品、提高产品的市场竞争力和节能降耗等都具有重大意义。迁钢自 2009 年 12 月投入运行以来, 铁水脱硫效果较好, 能够满足炼钢要求。

2 KR 脱硫工艺的选择

铁水预处理脱硫的方法有很多种，现在应用较成熟的方法主要有 KR 机械搅拌法和喷吹法。两种铁水脱硫工艺各有特点：

(1) KR 机械搅拌法是日本新日铁广畑制铁所于 1965 年用于工业生产的铁水炉外脱硫技术^[3]。此种方法是将浇注耐火材料并经过烘烤的搅拌头浸入铁水包熔池一定深度，借其旋转产生的漩涡，将经过称重的脱硫剂由给料器加入到铁水里，使氧化钙粉剂在不断地搅拌过程中与铁水中硫充分接触反应，达到脱硫的目的^[4]。其优点是动力学条件优越，有利于采用廉价的脱硫剂如 CaO，脱硫效果比较稳定，效率高(脱硫到 $\leq 0.005\%$)，脱硫剂消耗少，适应于低硫品种钢要求高、比例大的钢厂采用。其反应方程式如下：



不足是，设备复杂，一次投资较大，脱硫铁水温降较大。

(2) 喷吹法是利用惰性气体 (N₂ 或 Ar) 作载体将脱硫粉剂经喷枪吹入铁水深部，载气同时起到搅拌铁水的作用，使喷吹气体、脱硫剂与铁水三者之间充分接触，在上浮过程中将硫除去^[5]。其优点是设备费用低，操作灵活，喷吹时间短，铁水温降小。相比 KR 法而言，一次投资少，适合中小型企业的低成本技术改造。其反应方程式如下：



不足是，动力学条件差，脱硫工艺的重现性和稳定性也不如 KR 法。

综上所述，首钢迁钢二炼钢的铁水预处理脱硫选择了 KR 机械搅拌法。

3 KR 脱硫工艺的主要设备及流程

3.1 KR 脱硫工艺的主要设备

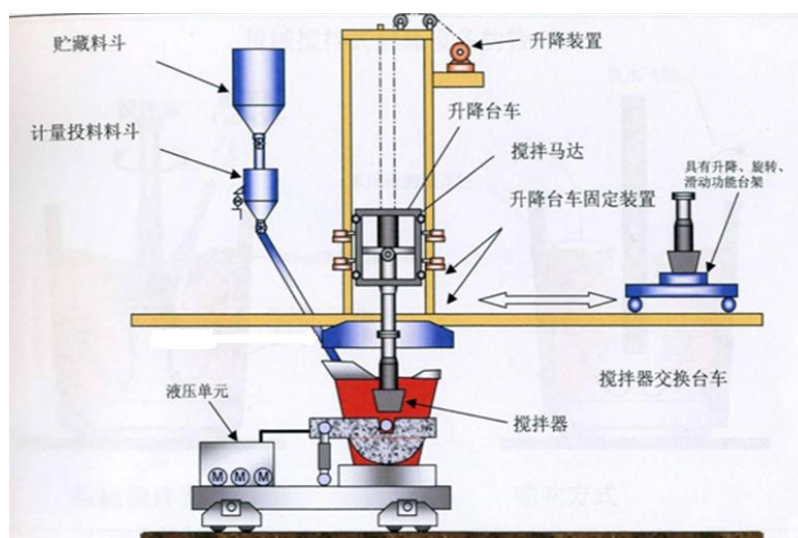


图 1 KR 脱硫工艺的主要设备示意图

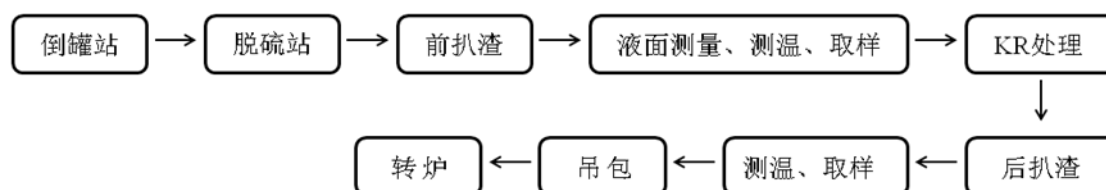
Fig.1 Sketch of key equipments of KR Desulphurization technology

KR 脱硫工艺的主要设备如图 1 所示，具体组成有：

- (1) 给料系统：贮藏料斗、旋转给料器、给料泵、给料泵支架、仓顶布袋除尘器、锥形阀等；
- (2) 地面车辆系统：铁水罐车行走机构、渣罐车行走机构、铁水罐倾翻机构等；
- (3) 扒渣系统：扒渣机、扒渣机液压泵、扒渣位除尘阀门等；
- (4) 搅拌系统：搅拌头升降机构、搅拌头旋转机构、升降台车固定装置、搅拌器交换台车、搅拌位除尘阀门等；
- (5) 液压系统：液压主泵、电加热器、电磁阀等。

3.2 KR 脱硫工艺主要流程

KR 脱硫工艺的主要流程如下：



4 生产实践

4.1 脱硫水平

表 1 KR 机械搅拌法脱硫效果（2013 年上半年）

Table 1 Effectiveness of hot metal desulphurization by KR mechanical stirring method (first half of 2013)

月份	平均初始硫 /%	平均脱后硫 /%	脱硫命中率 /%	平均搅拌时间 /min	平均处理周期 /min	平均脱硫剂单耗 /kg/t 铁水	平均扒渣量 /t/炉
1 月	0.028	0.0022	98.91	10	36	7.18	4.0
2 月	0.026	0.0017	99.32	11	35	7.96	4.3
3 月	0.027	0.0021	99.52	10	34	7.52	3.6
4 月	0.025	0.0018	99.45	10	37	8.21	3.9
5 月	0.024	0.0020	98.57	10	36	7.32	3.1
6 月	0.023	0.0019	99.20	12	38	8.02	3.3
平均值	0.0255	0.00195	99.16	10.5	36	7.70	3.7

表 2 喷吹法脱硫效果（2013 年上半年）

Table 2 Effectiveness of hot metal desulphurization by jetting method (first half of 2013)

月份	平均初始硫 /%	平均脱后硫 /%	脱硫命中 率/%	平均搅拌时间 /min	平均处理周期 /min	平均脱硫剂单耗 /kg/t 铁水	平均扒渣量 /t/炉
1 月	0.033	0.0050	94.60	13	37	0.45	3.1
2 月	0.034	0.0053	84.47	14	42	0.53	4.9
3 月	0.034	0.0056	91.62	13	41	0.55	4.1
4 月	0.033	0.0052	92.83	14	40	0.56	3.2
5 月	0.032	0.0050	89.92	13	39	0.52	3.1
6 月	0.034	0.0052	94.90	12	38	0.52	3.1
平均值	0.0333	0.00522	91.39	13.2	39.5	0.52	3.58

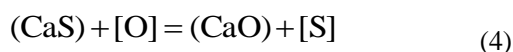
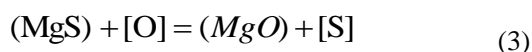
从上述表 1 和表 2 中两种脱硫工艺的参数可看出, KR 机械搅拌法在生产实践中已达到了不错的效果。其设备可靠性高, 脱硫效果稳定性好; 具有极佳的脱硫动力学条件, 脱硫命中率高达 99% 以上; 脱硫剂利用率高, 平均脱硫剂单耗能控制在 7-8 kg/t 铁水; 脱硫处理周期短, 基本能稳定在 36min; 采用廉价的石灰基混合脱硫剂, 处理后铁水终点硫能达到 0.002% 以下; 并且脱硫作业中无喷溅, 废气量少, 对除尘无特殊要求。相对于喷吹法脱硫, KR 法脱硫无论在处理周期还是处理效果各方面都具有较大优势, 只是 KR 法脱硫处理过程铁水温降较大, 比喷吹法脱硫高 5℃ 以上。综上, 虽然 KR 法设备复杂, 一次投资较大, 脱硫铁水温降较大, 但是其长期运行成本较低, 经济效益较为可观。

4.2 搅拌头的寿命

搅拌头是 KR 脱硫装置中的重要部件, 由旋转轴与十字叶片组成。搅拌头芯为金属材料铸造而成, 工作衬为耐火浇注料整体浇注成型^[6]。首钢迁钢二炼钢 KR 脱硫站采用的就是这种常规的四叶搅拌头。由 KR 机械搅拌脱硫的操作过程可知, 搅拌头的工作条件相当恶劣, 不仅要承受高温铁水和熔渣的冲刷、浸透、侵蚀磨损, 还要承受间歇式工作模式带来的频繁而剧烈的骤冷骤热, 以致搅拌头严重破损而中止使用。因此, 搅拌头寿命短造成的脱硫成本高的问题一度成为 KR 脱硫技术推广应用的阻碍^[7-10]。这在迁钢 KR 脱硫工艺投产初期也表现得很突出, 搅拌头寿命曾经一度较低。但是通过生产实践不断努力, 迁钢 KR 搅拌头的寿命并非不可逾越的限制性环节, 通过改变工艺参数和搅拌头预热、热修补等技术攻关, 目前搅拌头平均寿命能达到 300 炉以上, 最高寿命达到 331 次, 纯搅拌时间为 3278min。但是与武钢二炼钢 KR 平均寿命搅拌头为 500 次, 最高寿命为 637 次^[11]还有很大差距。

4.3 转炉回硫

经过脱硫处理后的铁水, 须将浮于铁水表面上的脱硫渣除去, 防止转炉炼钢时因产生逆反应造成回硫, 渣中 MgS 或 CaS 会被氧还原, 即有:



因此, 只有经过扒渣的脱硫铁水才允许兑入转炉。尤其在生产低硫、超低硫品种钢时, 少量未扒除的脱硫渣进入转炉都会造成转炉“回硫”。所以扒渣时要求扒净率尽可能的高, 尽量减少铁水带渣量。通过对迁钢 KR 脱硫工艺的运行跟踪和调查, 其转炉基本不发生“回硫”。

5 结论

(1) 通过分析 KR 机械搅拌法和喷吹法的工艺特点并结合自身产品情况, 首钢迁钢二炼钢的铁水预处理脱硫选择了 KR 法。

(2) 自 2009 年底投入运行以来, KR 机械搅拌法铁水脱硫工艺在迁钢取得了较好成效。在保证前后扒渣充分的条件下, 经 KR 法处理后的铁水硫含量能稳定控制在 0.002% 以下; 有极佳的脱硫动力学条件, 脱硫命中率高达 99% 以上; 脱硫剂利用率高, 平均脱硫剂单耗能控制在 7-8 kg/t 铁水; 脱硫处理周期短, 基本能稳定在 36min。虽然 KR 法脱硫过程铁水温降较大, 比喷吹法脱硫高 5℃ 以上, 但是其长期运行成本较低, 经济效益较为可观。

参考文献

- [1] 付中华, 杨宁川, 吴燕萍等. KR 脱硫效果影响因素分析[J]. 工业加热, 2013, 42 (1) : 57
- [2] 冯捷. 转炉炼钢实训[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2009
- [3] 张俊华. KR 法铁水预处理工艺及设备设计改进[D]. 西安建筑科技大学硕士论文: 3
- [4] 王进文, 白登涛. KR 法铁水脱硫工艺的探讨[J]. 南方金属, 2011, 183: 12-14.
- [5] 欧阳德刚, 胡铁山, 周明石等. 倒 T 型脱硫喷枪长枪龄技术的研究与应用[C]. 中国钢铁年会论文集, 2005.
- [6] 欧阳德刚, 刘守堂, 李具中. 脱硫搅拌头破损机理的研究与实践[J]. 武钢技术, 2009, 47 (2) : 40
- [7] 李凤喜, 俞承欢. 对 KR 法与喷吹法两种铁水脱硫工艺的探讨[J]. 炼钢, 2000 (1) : 47-50.
- [8] 张万益, 译. 铁水脱硫技术的改进[J]. 武钢技术, 1994(10) : 6-13.
- [9] 刘榴, 陈黎明. KR 法铁水脱硫主体设备介绍及有关计算[J]. 炼钢, 2002 (4) : 16-20, 26.
- [10] 王雪冬, 李凤喜, 陈清泉, 等. KR 脱硫技术的应用与进步[J]. 炼钢, 2004 (4) : 24-25, 51.
- [11] 李凤喜, 王雪冬. KR 脱硫的技术运用与开发[C]. 中国钢铁年会论文集, 2003: 157-158