KR脱硫生产工艺研究*

云 霞[1],庞智杰[2],张 胤[1]

(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司炼钢厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 通过对KR脱硫操作和工艺参数的试验,分析研究了KR铁水预脱硫工艺的影响因素。试验结果表明,脱硫粉剂消耗量、搅拌时间、搅拌速度对铁水脱硫率影响明显,确定了KR脱硫生产工艺参数,固化了生产工艺,为品种钢稳定生产提供保证。

关键词: KR脱硫法; 脱硫粉剂; 搅拌时间; 搅拌速度
中图分类号: TF704.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2021)02-0032-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.02.008

Study on KR Desulfurization Production Technology

Yun Xia[1], *Pang Zhi-jie*[2], *Zhang Yin*[1]

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

Abstract: The influencing factors of KR pre-desulfuration technology are analyzed and studied through the test of operation and technological parameters of KR desulfurization. The test results showed that the effects of consumption of desulfurization powder as well as stirring time and speed on the desulfurization rate of molten iron were obvious. Moreover, the parameters of KR desulfurization production technology are determined and the production technology is solidified, which could provide guarantee for stable production of variety steel.

Key words: KR desulphurization process; desulfurization powder; stirring time; stirring speed

KR法脱硫工艺是将浇铸耐火材料并经过烘烤的十字形搅拌头,插入到有一定量铁水的铁水罐中旋转,使铁水形成漩涡,然后将称量好的脱硫剂通过振动给料机(或旋转给料器)加入到旋转的铁水中。脱硫剂进入铁水罐后,迅速被漩涡卷入铁水中,在不断的搅拌过程中与铁水中的硫充分反应,从而达到脱硫的目的。影响脱硫速度的因素主要有两个:一为动力学条件,二为脱硫剂种类。研究证明[1]:动力学条件的影响大于脱硫剂种类的影响,搅拌速度高达90~120 r/min,铁水充分旋转,获得了良好的冶金动力学条件,投入的脱硫剂能够充分的反应,因此脱硫效率高达95%以上。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(脱硫到硫含量小于0.005%),脱硫

* 收稿日期:2020-07-20
作者简介:云 霞(1969-),女,内蒙古呼和浩特市人,高级工程师,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

剂消耗少，适用于低硫品种钢要求高、比例大的钢厂。

1　主要工艺技术指标

6#铸机小方坯生产线针对高品质钢开发需求，拆除了原有的一套镁基脱硫铁水预处理装备，于 2014 年新建了一套 KR 铁水脱硫预处理设备。工艺技术指标如表 1 所示。

2　KR 脱硫工艺参数的确定

2.1　生产试验条件

KR 脱硫投入生产后，为了确定铁水初始温度、初始硫含量和单罐铁水重量情况是否符合生产工艺要求，跟踪采集 2015 年 1—3 月 156 炉铁水数据，进行分析。铁水初始温度分布、初始硫含量分布和单罐铁水重量情况如表 2 所示。

表 1　主要工艺技术指标

名称	参数
脱硫站年处理能力/万 t	100
高炉铁水硫含量/%	0.03 ~ 0.07
脱硫后铁水硫含量/%	0.002 ~ 0.010
脱硫铁水罐公称容量/t	100
铁水罐平均装入量/t	90
脱硫剂($CaO + CaF_2$)要求	CaO: 90%; CaF_2: 10%
降 0.001% 的硫脱硫剂消耗量(S 含量从 0.035% 降低到 0.005%)/($kg \cdot t^{-1}$)	≤0.26
脱硫平均周期/min	40

表 2　铁水初始温度分布、初始硫含量分布和单罐铁水重量情况

铁水初始温度		铁水初始硫含量		铁水重量	
分布范围/℃	所占比例/%	分布范围/%	所占比例/%	分布范围/t	所占比例/%
1 250 ~ 1 300	54.49	0.020 ~ 0.039	26.28	85 ~ 89	10.26
1 300 ~ 1 350	38.46	0.040 ~ 0.059	61.54	90 ~ 95	73.71
1 350 ~ 1 380	7.05	0.060 ~ 0.079	12.18	96 ~ 99	16.03

从表 2 所示可以看出，铁水温度范围在 1 250 ~ 1 380 ℃，且分布范围为 1 250 ~ 1 350 ℃ 的炉数占 92.95%，铁水温度大于 1 350 ℃ 占 7.05%；处理前铁水硫含量的分布范围为 0.020% ~ 0.079%，硫含量小于 0.060% 的炉数占 87.82%，硫含量不小于 0.060% 的炉数占 12.18%；铁水重量范围 90 ~ 95 t 的炉数占 73.71%。可见铁水初始温度、铁水硫含量、铁水重量可以满足 KR 脱硫工艺处理的设计要求。

2.2　脱硫粉剂消耗

根据 KR 脱硫工艺设计要求，尽可能使脱硫剂消耗在合适范围内，达到较高的脱硫效果[2]。试验考察不同脱硫剂消耗量条件下的脱硫效果，具体脱硫剂消耗分布情况及脱硫效果如表 3 所示。

表 3　脱硫粉剂消耗量分布

脱硫剂消耗量/($kg \cdot t^{-1}$)	炉数	占比/%	初始平均硫含量/%	终点平均硫含量/%	脱硫率/%
4.0 ~ 4.9	21	13.46	0.025	0.008	68.00
5.0 ~ 5.9	45	28.85	0.035	0.012	65.71
6.0 ~ 6.9	77	49.36	0.043	0.010	76.74
7.0 ~ 7.9	13	8.33	0.065	0.015	76.92

从表 3 可以看出，脱硫粉剂消耗范围是 4.0 ~ 7.9 kg/t，平均 5.8 kg/t；消耗在 5.0 ~ 6.9 kg/t 占 78.21%，脱硫剂消耗与铁水初始硫及脱硫终点值有关。在其他条件相同时，达到相同的脱硫目标值，初始硫含量越高，脱硫剂消耗也越高。

2.3　脱硫搅拌时间

搅拌时间长短对脱硫效果有影响。搅拌时间短，反应时间相应短，脱硫反应进行不足；搅拌时间

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

长，脱硫剂与铁水中硫反应时间相应长，脱硫效果也好，但搅拌时间过长，会降低铁水温度，所以必须有一个合理的搅拌时间，保证有较好的脱硫效果[3]。

试验中设定初始硫含量一定时，搅拌时间分别为8 min、9 min、10 min、11 min、12 min、13 min时铁水的脱硫效果，具体试验参数如表4所示。

表4 搅拌时间分布表

搅拌时间/min	炉数	占比/%	初始平均硫含量/%	终点平均硫含量/%	脱硫率/%
8	6	3.8	0.033	0.010	69.70
9	9	5.8	0.033	0.011	66.67
10	53	34.0	0.033	0.008	75.76
11	35	22.4	0.033	0.008	75.76
12	42	26.9	0.033	0.007	78.79
13	11	7.1	0.033	0.006	81.82

从表4可以看出，试验的156炉次中脱硫处理时间8～9 min的炉数占9.6%，平均脱硫率68.18%；脱硫处理时间10～12 min的炉数占83.3%，平均脱硫率76.77%；脱硫处理时间大于12 min的炉数占7.1%，平均脱硫率81.82%。因此在保证有较好的脱硫效果的同时，合理分配脱硫时间为10～13 min。另外考虑铁水温降损失大、上下工序的衔接以及目前无超低硫钢生产等因素，未进行13 min以上的脱硫试验。

2.4 搅拌头搅拌速度确定

KR铁水脱硫时的搅拌速度是根据铁水初始硫含量、铁水温度以及搅拌头状况确定的[4]。根据设计要求选取脱硫前铁样S含量为0.040%的铁次，每罐脱硫剂加入量为600 kg，搅拌时间为11 min，分别以99 r/min、85 r/min、70 r/min不同搅拌速度进行试验，脱硫效果如表5所示。

表5 不同搅拌速度下脱硫效果比较

温度/℃		脱硫前铁样S含量/%	搅拌转速/(r·min^{-1})	脱硫后铁样S含量/%		脱硫率/%	
范围	平均			范围	平均	范围	平均
1 279～1 310	1 298	0.04	99	0.005～0.009	0.007	77.5～87.5	82.5
1 280～1 332	1 306	0.04	85	0.005～0.016	0.011	60.0～87.5	72.5
1 281～1 330	1 316	0.04	70	0.011～0.021	0.016	47.5～72.5	60.0

试验结果表明，搅拌头的转速在99 r/min时铁水平均脱硫率为82.5%，搅拌头的转速在70 r/min时铁水平均脱硫率为60.0%。因此，当铁水温度与硫含量一定时，在一定范围内搅拌器转速越高脱硫效率越高。但搅拌器转速过高，脱硫搅拌时会造成脱硫铁水罐内铁水喷溅严重，根据现场综合工况，合理的搅拌头转速为99 r/min。

3 试验结果与分析

3.1 调试结果

KR脱硫设备在调试、生产过程中运行平稳，KR脱硫工序在现有铁水条件下，搅拌转速99 r/min，总搅拌时间13 min左右，可实现终点S含量0.010%、深脱S含量0.005%的目标值；KR脱硫工序单工位作业时间在40 min左右，能够满足转炉冶炼生产。

3.2 KR脱硫剂消耗量及脱硫率

通过试验分析，确定了不同初始硫范围，KR脱硫效率及脱硫剂耗量，不同初始硫含量和目标硫含量情况下脱硫剂消耗量及脱硫率如表6所示。

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

表 6　脱硫剂消耗量及脱硫率

初始硫范围/%	初始硫含量/%	目标硫含量/%	脱硫量/%	脱硫率/%	脱硫剂耗量/(kg/t^{-1})
≤0.035	0.035	0.020	0.015	42.9	3.90
	0.032	0.010	0.022	68.8	5.20
	0.030	0.005	0.025	83.3	6.75
	0.025	0.002	0.023	92.0	6.44
0.036 ~ 0.050	0.041	0.020	0.021	51.2	4.20
	0.036	0.010	0.026	72.2	5.72
	0.039	0.005	0.034	87.2	7.14
	0.038	0.002	0.036	94.7	7.92
0.051 ~ 0.070	0.051	0.020	0.031	60.8	5.89
	0.062	0.010	0.052	83.9	9.36
	0.059	0.005	0.054	91.5	9.88
	0.054	0.002	0.052	96.3	10.80

不同初始硫含量，脱硫处理目标硫含量一致时，脱硫率越高，脱硫粉剂吨铁消耗越高。

4　结论

(1) KR 脱硫工序在现有铁水条件下，使用搅拌转速 99 r/min、总搅拌时间 13 min 左右、脱硫粉剂消耗量 4.1 ~ 7.9 kg/t 的工艺参数可实现较好的脱硫效果。

(2) 针对不同的初始硫含量，目标硫含量一致时脱硫率越高，脱硫粉剂吨铁消耗越高。

参　考　文　献

[1] 孙贞贞，但斌斌，牛清勇，等. KR 法铁水脱硫搅拌流场的数值分析 [J]. 炼钢，2019，(6)：1 – 5.

[2] 陈晓刚，云旗，张瑞烜. 高效率低成本 KR 脱硫的研究 [J]. 包钢科技，2017，43(5)：8 – 10.

[3] 印传磊，田春阳，杨丽梅，等. KR 法铁水预脱硫工艺优化实验研究 [J]. 炼钢，2019，(4)：8 – 11.

[4] 肖林伟，陈奎生，但斌斌，等. 铁液 KR 脱硫中后期搅拌桨转速研究 [J]. 铸造技术，2016，(9)：1893 – 1898.

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