

KR 法与喷吹法两种铁水脱硫工艺的比较

赵 炜^①

(南京钢铁股份有限公司 江苏南京 210035)

摘要 对单喷颗粒镁、复合喷吹、KR 法三种脱硫工艺在脱硫率、回硫、温降、扒渣铁损、耗时、成本和对转炉冶炼影响及原材料设备要求进行比较,分析了各自优缺点,并对降低脱硫成本和不同条件下钢厂采用适宜的脱硫工艺提出建议。

关键词 脱硫工艺 技术设备 脱硫效果 温降 铁损 成本

中图分类号 TF703.3

文献标识码 B

doi: 10.3969/j.issn.1001-4269.2013.z1.028

Comparison of Desulphurization Processes of Injection and KR Method

Zhao Wei

(Nanjing Iron and Steel Co. , Ltd. , Nanjing 210035)

ABSTRACT The paper compare three processes on desulphurization rate , desulfurization , temperature loss , mol-iron loss in slagging out , time consuming , cost , the impact to smelt-on converter and equipment etc. Each process-advantages and shortcomings are analyzed and the suggestions about reducing desulphurization cost and suitable desulphurization process adopted by steelmaking plant in different conditions are put forward.

KEYWORDS Desulphurization process Technical equipment Desulfurization effect Temperature loss Mol iron loss Cost

1 前言

现代化炼钢厂的生产工艺流程是:高炉炼铁铁水——铁水预处理——顶底复合吹炼转炉——钢水炉外精炼——全连铸和热送热轧,而铁水脱硫是整个工艺路线中的重要环节。铁水脱硫也是生产纯净钢和市场、企业发展的需要。

目前铁水脱硫工艺较为成熟的主要有 KR 法(机械搅拌法)和喷吹法两种,从两种工艺在实际生产中的应用效果来看,二者是互有长短。为此,本文着重就两种工艺模式的发展、应用和运营成本作了比较。

2 KR 法和喷吹法的工艺及特点

所谓 KR 脱硫法,主要是将浇铸耐火材料并经过烘烤的十字形搅拌头,插入有定量铁水的铁水罐中旋转使铁水产生漩涡。脱硫剂在不断地搅拌过程中与铁水中的硫产生化学反应,达到脱硫的目的。KR 法优点是动力学条件优越,脱硫效果比较稳定,脱硫剂消耗较少,适应于低硫品种钢比例大、要求高的钢厂采用。不足是,设备复杂,一次投

资较大,脱硫铁水温降较大。

喷吹法,是利用惰性气体(N_2 或 Ar) 作载体将脱硫粉剂(如 CaO 、 CaC_2 和 Mg) 由喷枪喷入铁水中,使喷吹气体、脱硫剂和铁水三者之间充分混合进行脱硫。目前,以喷吹镁系脱硫剂为主要发展趋势,其优点是设备费用低,操作灵活,喷吹时间短,铁水温降小。

3 KR 法与喷吹法两种工艺的比较

从铁水脱硫工艺倍受人们的重视以来,KR 法与喷吹法技术一直处于发展之中,目前虽仍需完善,可也日趋于成熟,本文主要从以下几个方面对两种脱硫方法进行具体比对。

3.1 技术与设备

喷吹法因其设备用量少、基建投入低、高效经济等诸多优势而处于脱硫技术的主要发展趋势之一,可在相当长的时间中国都是引进国外的技术和设备。到 2002 年 10 月国内才首次实现成套技术设备国产化。喷吹技术和设备的国产化直接降低了建设投资和运行操作的成本,从前

^① 作者简介:赵炜,男,1977 年出生,毕业于南京工程学院机电一体化专业,助理工程师,现工作于南京钢铁股份有限公司炼钢厂

期的一次性投资来看 ,要比 KR 法略有优势。

KR 法设备虽然重量大且较复杂 ,可它的优势是运营操作费用低廉 ,由此所产生的经济效益完全可弥补前期的一次性高额投资。根据有关推算 ,一般 3 ~ 5 年即可收回所增加的投资。

3.2 脱硫效果

三种铁水脱硫方法的脱硫效果见表 1 ,而实际生产过程中的铁水脱硫效果 ,不仅与设备有关 ,而且受脱硫剂、操作工艺水平、时间及温度等诸多因素影响。

表 1 三种铁水脱硫方法的脱硫效果

比较项目		单喷	复合	搅拌
脱硫率	最高		复合脱硫剂使用 CaO 比例越高 ,脱硫效果越差	使用 CaO 脱硫剂 ,脱硫率只是略低于喷吹纯镁。
终点硫	基本在 0. 010% ~ 0. 020% 之间		能达到 0. 010% 左右	基本达到 0. 002% ~ 0. 005% ,甚至更低
回硫率	平均在 0. 005% 以上		介于单喷与搅拌之间	平均在 0. 002% ~ 0. 003%
扒渣	少而薄 ,难以扒除干净		渣量较大 ,渣铁易于分离	扒渣干净率相对较高
铁损	相对较小		相对较大	介于“单喷”与“复合”之间
温度损失	最低		平均 15℃	最大 ,高于“单喷”“复合”12℃ ~ 22℃
处理时间	小于 30min		小于 30min	38 ~ 40min
一次投资	较低		较低	最高
设备	设备简单维护较少		设备简单维护较少	设备复杂 ,维护较大

KR 法因动力学条件好 ,铁水搅拌强烈 ,而且 CaO 的加入量较大 ,导致温降也大 ,目前国内 KR 法工艺应用较成熟的武钢可以使温降控制在 28℃ 左右。相比之下 ,镁基的脱硫温降都比较小(参照表 1) ,主要原因有以下三点: 喷吹法动力学条件差 ,铁水整体搅拌强度不大 ,热量散失少; 金属镁的脱硫反应过程是个放热反应; 镁的利用率高 ,脱硫粉剂加入量少。

铁水预处理脱硫过程的铁损主要来自于两部分: 脱硫渣中含的铁和扒渣过程中带出的铁水。由于两种工艺模式的不同 ,一方面 ,较少的脱硫剂产生的脱硫渣少 ,则渣中含铁量也低 ,由此颗粒镁喷吹脱硫的铁损要少一些; 另外 ,颗粒镁喷吹脱硫的渣量少 ,扒净率相对低 ,而 KR 法的脱硫

渣扒净率相对高。就扒渣的铁损而言 ,喷吹法时 ,采用脱硫剂的 CaO 含量越高 ,则扒渣铁损越大; 而 KR 法使用 CaO 作为主要脱硫剂成分 ,其铁损只是略高于喷吹镁脱硫铁损。由于扒渣还取决于高炉渣残留量及扒渣过程 ,综合考虑看 KR 法与喷吹法区别不大。究竟哪个是主要因素 ,各钢厂的实际操作有着很大的区别。

3.3 脱硫剂耗量及成本

铁水预处理过程中 ,脱硫剂是决定脱硫效率和脱硫成本的主要因素之一。根据日本新日铁曾做的计算 ,脱硫剂的费用约为脱硫成本的 80% 以上 ,所以 ,脱硫剂种类的选择是降低成本的关键。两种脱硫方法脱硫剂消耗及成本见表 2。

表 2 两种脱硫方法脱硫剂消耗及成本

序号	项目	单位	复合喷吹法	机械搅拌法
1	脱硫剂种类		CaO + Mg	CaO + CaF ₂
2	脱硫剂消耗	kg/t	2 + 0. 5	9 + 1
3	石灰价格	元/t	650	500
4	钝化镁价格	元/t	16000	
5	脱硫剂单耗价格	元/t	1. 3 + 8 = 9. 3	5

然而 ,在脱硫剂的选择时必须综合考虑不同工艺方法的特点。基于动力学条件和脱硫效率 ,目前喷吹法主要采用的是镁基脱硫剂 ,KR 法采用的是石灰脱硫剂。根据理论计算 ,在 1350℃ ,镁脱硫反应的平衡常数可达 $3. 17 \times 10^3$,平衡时的铁水含硫量可达 0. 000016% ,大大高于 CaO 的脱硫能力。然而 ,上文已经把两种脱硫剂在各自工艺中的脱硫效果进行了对比 ,表明 ,结合实际生产工艺后它们都能达到用户对脱硫的最高要求。

在脱硫方式选择时还要考虑脱硫剂的一个因素 ,就是脱硫剂的来源问题。一般而言 ,大部分钢铁生产企业都要使用石灰石 ,要么有自己的石灰厂 ,要么有稳定的协作供货渠道 ,来源稳定 ,成本稳定 ,而且供货及时 ,不用考虑仓储问题。虽然中国的金属镁资源丰富 ,可是相对钢铁企业来说 ,获得搅拌法所需的 CaO 基脱硫剂更为容易 ,钝化颗粒镁就不具备这些有利因素。表 3 就几种脱硫剂的消耗及成本做了比较。

3.4 运行成本估算与比较

实际上,生产过程的工艺成本还应包括:铁损、喷枪或搅拌头、温降对废钢比的影响等。由于数据采集有限,加上市场上物料价格的波动,只能做到粗略估算,但其反应出的运行成本趋势应该是可取的。在计算中,所采用的数据主要引自武钢发表的文章,因为在国内武钢是最早采用

KR 法脱硫工艺,同时又使用喷吹法脱硫工艺的钢铁企业,尽量用同一钢厂的数据会使计算结果更具可比性。由于武钢数据有限,又参考了不同企业、不同生产线的数据,考虑到技术进步,在估算过程中,各参数一般选取各生产线中耗量最小的数值。估算结果见表 3。

表 3 各脱硫工艺每吨铁的生产成本表

项目		喷吹法			KR 法
	种类	CaO	Mg/CaO = 1/4	Mg	CaO
脱硫剂	单耗/kg/t	8.28	1.68	0.483	4.69
	单价/元/kg	0.60	4.08	18	0.60
	脱硫剂成本/元/t	4.97	6.85	8.694	2.81
纯处理时间/min		16.49	5.8	5	10
温降	数值/℃	23.98	19.07	8~10	28
	温降成本/元/t/℃	5.13	4.08	1.93	5.99
铁损	扒渣铁损/kg/t	7.57	6.85	3.96	4.24
	铁损成本/元/t	13.63	12.33	7.13	7.63
铁渣	渣量/kg/t	29.6	17.65	5.67	16.76
	渣子运费/元/t	0.83	0.49	0.05	0.47
喷枪或搅拌头费用/元/t		5.08	1.76	1.52	0.27
喷吹 N ₂ 费用/元/t		0.08	0.03	0.02	0
搅拌头电费/元/t		0	0	0	0.04
总费用/元/t		29.72	25.18	19.34	17.21

4 结论

1) 成本方面:在喷吹法脱硫工艺中喷吹纯颗粒镁脱硫工艺的脱硫成本相对较低,仅为喷吹 CaO 粉脱硫工艺的 65%,成本优势明显;KR 法(CaO 作脱硫剂)脱硫工艺的脱硫成本约为喷吹纯颗粒镁脱硫工艺的 89%,在所有铁水脱硫工艺中的成本最低。

2) 技术方面:国内外对 KR 法脱硫的认可度越来越高,尤其是近几年在大中型钢铁企业得到广泛应用,发展迅猛,喷吹法的技术进展趋于平缓。

通过对两种脱硫工艺的技术设备、脱硫效果、温降、铁损、成本及对流程的影响等多方面的综合比较,可见 KR 法在深脱硫、总成本和流程影响方面优势突出。对于大中型钢铁企业,从长远考虑并结合生产实际,KR 法铁水预脱硫应该是更具有深远价值的选择。

参考文献

- [1] 欧阳德刚,王庆方,刘守堂. KR 脱硫搅拌器的技术现状与发展方向[J]. 武汉科技, 2005, Vol. 43(5): 55-58.
- [2] 吴宝国,王海川. 铁水炉外脱硫剂的研究进展[J]. 南方金属, 2003(6): 14-16.
- [3] 解中原. 单喷颗粒镁铁水脱硫成套设备开发[C]/全国铁水如处理技术研讨会文集, 2003: 116-121.
- [4] 刘榴,陈黎明. KR 法铁水脱硫主体设备介绍及有关计算[J]. 冶金设备, 2002(4): 36-39.
- [5] 李凤喜,喻承欢,周子华等. 对 KR 法与喷吹法两种铁水脱硫工艺的与探讨[J]. 炼钢, 2000, Vol. 16(1): 47-50.
- [6] 刘炳宇. 不同铁水脱硫工艺方法的应用效果[J]. 钢铁, 2004, Vol. 39(6): 24-27.

(收稿日期: 2013-01-17)

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告