

首钢第二炼钢厂铁水预处理工艺优化 与捞渣机改造生产实践

卢春生

首钢集团公司第二炼钢厂 北京 100041

摘 要 介绍了颗粒镁脱硫工艺的机理、技术特点、影响脱硫效果的因素以及首钢第二炼钢厂铁水预处理工艺的优化实践,分析比较了捞渣机设备的现场应用情况。生产实践表明,优化后的脱硫工艺对于转炉冶炼回硫控制有较好的作用,捞渣机改造对降低铁水损耗效果明显。

关键词 铁水脱硫 脱硫率 颗粒镁

Optimization and Application of Using Remove Slag Machine in Hot Metal Desulphurization in No. 2 Steelmaking Plant of ShouGang

(Iron & Steel Co., Ltd in Capital, No. 2 Steelmaking Plant, Beijing 100041, China)

Abstract: The paper introduces the mechanism, technological characteristics of hot metal desulphurization technology with granular magnesium, factors to influence desulphurization results and practice in optimization process with synthetical slag in No. 2 steelmaking plant of ShouGang. It also analyzes the application of using remove slag machine in desulphurization process. Experiments show that better practical results have been achieved at controlling resulfurization after using the optimization process in converter. And the effect is prominent in decreasing the hot metal wasting when using the remove slag machine.

Key words: hot metal desulphurization; desulphurization ratio; magnesium

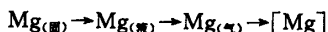
铁水炉外脱硫技术对承担高级别钢种的开发以及提高品种质量起着关键性作用。首钢第二炼钢厂铁水预处理采用乌克兰单吹颗粒镁脱硫技术,此工艺具有脱硫效率高、综合成本低、操作简便、易于控制等优势。为了完善工艺及设备条件,首钢第二炼钢厂(简称二炼钢厂)不断进行工艺、技术的改进和革新,并在原有铁水扒渣机的基础上引进铁水捞渣机技术,为设备改造以及工艺优化实践积累了经验。本文从铁水脱硫预处理工艺出发,着重讲述二炼钢厂单吹颗粒镁脱硫技术的特点以及运行实绩,并通过分析比较铁水捞渣机的现场使用状况,剖析捞渣机的生产情况及综合运行成本,为不断的工艺改进及技术革新积累经验。

1 颗粒镁脱硫技术条件

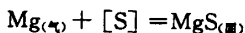
1.1 脱硫机理

镁为碱土金属,相对原子质量为 24.305,熔点为 651℃;沸点为 1107℃;当与硫结合生成 MgS 后,其熔点为 2000℃,密度为 $2.8g/cm^3$,产物为高熔点、低密度的稳定化合物^[1]。

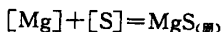
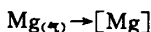
镁通过喷枪喷入铁水中,镁在高温下发生液化、汽化并溶于铁水,即:



Mg 与 S 的相互反应存在 2 种情况^[2-3]：



(1)

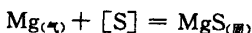


(2)

第一种情况，在镁蒸汽泡界面，镁蒸汽与铁水中的硫反应生成固态 MgS，只能去除铁水中 3%~8% 的硫；第二种情况，溶解于铁水中的镁与硫反应生成固态 MgS，这是主要的脱硫反应，保证了镁与硫的反应不仅仅局限在镁剂倒入区域或喷吹区域内进行，而是在整个铁水包内都可进行，对铁水脱硫十分有利。

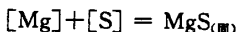
1.2 热力学条件

在铁液中，镁蒸汽与硫的反应以及溶解镁与硫的反应热力学方程式为：



$$\Delta G^\circ = -427367 + 180.67 T$$

(3)



$$\Delta G^\circ = -372648 + 146.29 T$$

(4)

式中：T——温度，K；

ΔG° ——反应的标准自由能，J/mol。

镁有很强的脱硫能力。根据式(3)计算，在 1350℃ 时，用镁脱硫，其平衡常数为 2.06×10^4 ，反应达到平衡时铁水硫含量可降至 1.6×10^{-5} ，镁在铁水中的溶解度取决于铁水温度和镁的蒸汽压^[4-5]。

镁脱硫反应为放热反应，低温对反应有利，在低温下镁在铁水中的溶解度大，有利于镁参与反应而提高利用率，但温度低对反应产物上浮不利，而温度高时有利于反应产物上浮进入顶渣提高反应速度，总的来说温度低对镁脱硫反应更有利。

2 影响颗粒镁脱硫因素与工艺优化实践

颗粒镁脱硫效果受铁水温度、初始硫含量、颗粒镁粒度以及喷吹压力和喷吹流量等因素影响，第二炼钢厂结合自身特点制定出工艺技术参数。

2.1 铁水温度

镁喷入铁液后很快以蒸气的形式存在，因此镁溶解于铁水的程度也决定了脱硫的效果，镁在铁水中的溶解度取决于铁水温度和镁的蒸汽压，铁水温度与脱硫率之间的对应关系如图 1 所示。

由图 1 可见，不同铁水温度条件下颗粒镁的脱硫率不同，脱硫率随着铁水温度的降低而逐渐升高，在工艺条件允许下（1280℃ 为工艺处理最低温度），铁水温度相对较低对铁水脱硫有利。

2.2 铁水初始硫含量

在目标硫含量相同的条件下，铁水初始硫含量不同，熔于铁水中的颗粒镁的利用率也不同，脱硫效果也不一样，图 2 为不同铁水初始硫含量与脱硫率的对应关系。

由图 2 可见，随着铁水初始硫含量的增加，镁的利用率相对较高，脱硫率也较高，平均脱硫率最高达到 78.0%。

2.3 颗粒镁喷吹强度和压力

颗粒镁的喷吹强度和喷吹压力直接影响着单吹颗粒镁的利用率，进而影响着铁水的脱硫效率。颗粒镁喷吹强度高，单位时间内喷粉量相对较大，镁粉在铁水中分散性不理想，则脱硫反应不充分，镁的利用率相对

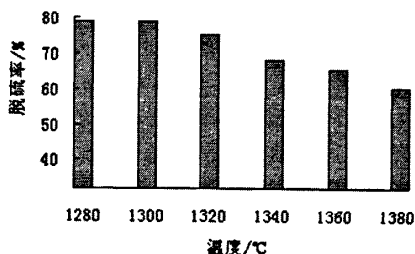


图 1 铁水温度与脱硫率关系图

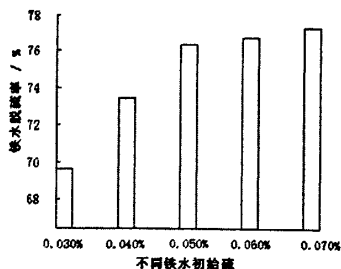


图 2 不同铁水初始硫含量与脱硫率的关系

较低。颗粒镁的喷粉强度与其利用率的关系如图 3 所示。

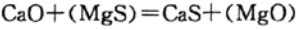
由图 3 可见,颗粒镁喷吹强度控制在 6~8 kg/min 最佳。

适当的喷吹压力有利于镁蒸气溶解但压力过大,镁在铁液中与硫反应并不充分,不仅增加镁损耗,降低效率,严重时还会产生喷溅。经试验得知,合适的喷吹压力为 0.6~0.8MPa。

2.4 工艺优化实践

为了提高单吹颗粒镁的脱硫效率,降低转炉回流量,完善脱硫后铁水扒渣控制,第二炼钢厂开发了脱硫前向铁水中加入合成渣的优化工艺。

开发的优化工艺,可以提前脱去铁水中的部分硫,同时可固化脱硫后的顶渣,使硫含量减少由渣向铁水中的转移。其原理为:



同时,脱硫顶渣变粘稠,利于铁水脱硫扒渣,使铁水硫含量尽可能低,降低转炉回硫。

2.4.1 工艺优化效果

第二炼钢厂增加脱硫前铁水合成渣优化工艺后,合成渣对铁水有一定的脱硫效果。工艺优化后脱硫效果如图 4 所示。

由图 4 可见,合成渣优化工艺具有一定的脱硫效果(合成渣中的 CaO 有一定的脱硫作用),平均脱硫率达到 12.7%,对提高铁水脱硫有较好的作用。



$$\Delta G^\theta = 86\,670 - 68.96\,T$$

(8)

2.4.2 工艺优化对转炉回硫的影响

经过工艺优化的脱硫铁水,有利于铁水脱硫扒渣,可降低转炉回硫率。脱硫工艺优化前后转炉回硫值和回硫控制合格率分别如图 5、6 所示。

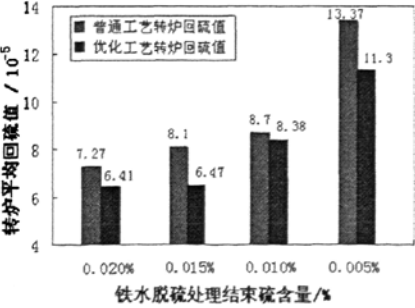


图 5 优化前后转炉平均回流量

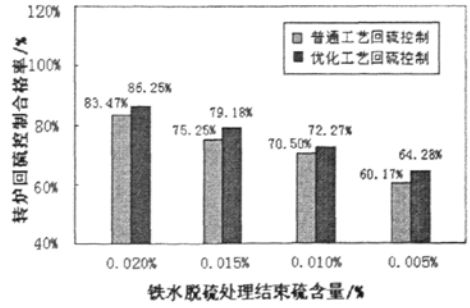


图 6 优化前后转炉控制回硫合格率

由图 5、6 可知,经合成渣工艺优化后的脱硫铁水转炉终点平均回硫值为 9.37×10^{-5} ,转炉回硫控制合格率(回硫值小于 13×10^{-5})为 74.67%;而单吹颗粒镁脱硫下转炉平均回硫值为 10.49×10^{-5} ,回硫控制合格率为 70.44%。

综上可知,经过优化工艺后的脱硫铁水,转炉回硫值以及回硫合格率控制上都明显优于单吹颗粒镁脱硫,合成渣起到了部分脱硫、抑制顶渣回硫以及利于脱硫扒渣的作用,对于减少转炉终点回硫的控制起到了较好的效果。

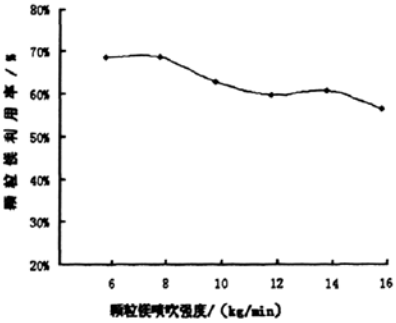


图 3 颗粒镁喷粉强度与其利用率的关系

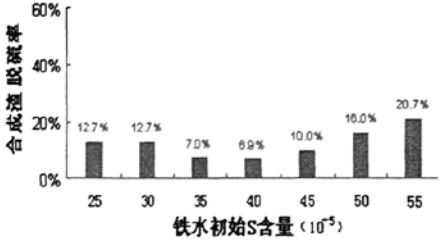


图 4 工艺优化后脱硫效果

3 捞渣机设备改造与生产实践

为了提高脱硫铁水捞渣率,减少铁水消耗,降低铁损等目的,第二炼钢厂针对 1# 铁水脱硫站进行了捞渣机项目改造,经过一段时期的生产,取得了初步效果。

3.1 设备工艺参数

捞渣机采用行走小车带动捞渣臂,捞渣臂顶端的捞渣头采用活动式,通过液压缸驱动带动捞渣耙进行捞渣操作。

捞渣机外形尺寸:长×宽×高:11410×2500×2770mm;捞渣臂回转角度±30°,回转半径 8230mm;捞渣头全高 1350mm,小车轨距 2200mm,轮距 2100mm;捞渣机控制及操作方式采用遥控器操作,亦可用控制台手动操作。

3.2 捞渣机生产操作技术指标

3.2.1 捞渣率及转炉回硫控制

由于受扒渣平台高度的限制,及捞渣机操作熟练程度和捞渣机渣耙有时受铁水包包口不规则形状等条件的影响,捞渣机的作用并没有完全发挥出来,目前从整体上,两者在控制扒渣率的水平上相当,平均扒渣率达到 85%。

在扒渣率控制上,采用捞渣机操作,最大扒渣率为 95%以上,与采用扒渣机的水平相近。最小扒渣率捞渣机为 80%,扒渣机为 70%,捞渣机优于扒渣机。

经脱硫扒渣后的铁水兑入转炉,采用捞渣机操作的炉次,转炉平均回硫值为 0.0093%,而采用扒渣机操作,转炉平均回硫值为 0.0094%,两者的控制水平相当,在控制转炉回硫合格率上,两种操作方式控制水平也一致。

采用捞渣机与采用扒渣机操作,控制回硫指标情况对比如表 1 所示。

表 1 捞渣机与扒渣机控制回硫情况对比

	炉数	捞渣率			转炉回硫值	回硫合格率
		最大	最小	平均		
扒渣机	324	98%	83%	85%	0.0094%	74.9%
捞渣机	312	98%	80%	85%	0.0093%	74.6%

3.2.2 铁水损耗及成本控制

采用捞渣机操作,在捞渣过程中,铁水从捞渣耙的缝隙中流回铁水包内,因此,对减少铁水损耗有明显的效果。

采用捞渣机与扒渣机操作,铁水损耗及成本消耗上的对比情况如表 2 所示。

表 2 捞渣机与扒渣机铁水损耗及成本消耗比较

	吨铁铁损 (kg/t)	成本消耗/元				合计
		铁损	渣耙	扒渣板	耐材	
扒渣机	4.40	8.8	—	0.01	—	8.81
捞渣机	2.25	4.5	0.63	—	0.43	5.56

由表 2 可以看出,采用捞渣机操作,吨铁铁损平均为 1.40kg/t,采用扒渣机操作,吨铁铁损平均为 4.40kg/t。采用捞渣机操作,吨铁铁损可以降低 3kg/t,对减少脱硫铁水损耗有明显作用。

在成本控制上,采用捞渣机操作,铁水损耗以及渣耙使用、渣耙耐火材料消耗等的综合费用为吨铁 3.86 元,采用扒渣机操作,由于铁水损耗明显,吨铁消耗综合费用为 8.81 元。采用捞渣机操作,吨铁消耗的综合成本可降低 4.95 元。

3.2.3 捞渣时间与生产周期

采用捞渣机操作,平均捞渣时间为 11.45min,采用扒渣机操作,平均扒渣时间为 9.98min,平均捞渣时间比扒渣时间长 1.47min。

捞渣机的平均生产周期为 27.41min,扒渣机的平均生产周期为 27.11min,捞渣机的平均生产周期比扒渣机长 0.30min,因此,在目前生产组织上,捞渣机的生产周期与扒渣机相当。

随着操作的不断熟练、铁水包口管理提高挂渣减少,以及捞渣机采用高档位运行,相信捞渣时间会进一步缩短。

4 结 论

(1)不同铁水温度和初始硫条件下颗粒镁的脱硫效率不同,脱硫率随着铁水温度的降低以及初始硫含量的升高而逐渐提高,当铁水温度在 1300℃左右,脱硫率达到 78.64%,铁水温度相对较低对颗粒镁脱硫有利。

(2)颗粒镁喷吹压力和强度过高时,镁粉在铁水中分散性不理想,脱硫反应不充分,镁的利用率相对较低。第二炼钢厂颗粒镁喷吹强度控制在 6~8 kg/min、喷吹压力为 0.6~0.8 MPa 较理想。

(3)铁水脱硫前,对铁水进行合成渣工艺优化,合成渣脱硫率达到 12.7%,优化后的铁水对抑制顶渣回硫,利于脱硫扒渣,减少转炉回硫起到一定作用,优化后工艺可减少转炉回硫 1.12×10^{-5} 。

(4)采用捞渣机操作,在降低铁水损耗及综合成本消耗上效果明显,吨铁铁损可降低 3kg/t,综合成本消耗可降低 4.95 元。

(5)由于受过去扒渣平台高度的限制,及捞渣机操作熟练程度和捞渣机渣耙有时受铁水包包口不规则形状等条件的影响,捞渣机的作用并没有完全发挥出来,目前从整体上,两者在控制回硫、扒渣率及操作时间的水平上相当。

(6)鉴于捞渣机先进的工作原理,相信随着操作的不断熟练、铁水包口管理提高挂渣减少,捞渣渣耙的改进以及捞渣机采用高档位运行,相信捞渣时间会进一步缩短,捞渣率会进一步提高,在快节奏的生产中,降低回硫的作用会更加明显。

参考文献

- [1]高泽平.颗粒镁脱硫原理与工艺分析[J].湖南冶金,2004,32(6):9-13.
- [2]王雅贞,李承祚.转炉炼钢问答[M].北京:冶金工业出版社,2005:81-87.
- [3]成国光,萧忠敏,姜周华.新编钢水精炼脱铁水预处理 1500 问[M].北京:中国科学技术出版社,2007:5-11.
- [4]Voronova N A. Desulphurization of hot metal by magnesium. [M]. IMA, 1983:68.
- [5]王涛.铁水镁脱硫的理论和实绩[J].包头钢铁学院学报,1999,18:316-321.