

LF 精炼造渣工艺研究

赵保国,毛福来,汤 潜,王立军

(包钢(集团)公司炼钢厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要:根据炼钢厂第一连铸车间钢包炉造渣的特点,利用炉渣组元 CaO 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaF_2 进行分析研究,制定出合理的渣系配比和造渣制度,通过实践取得了稳定的脱硫、脱氧效果。

关键词:LF;精炼;造渣工艺

中图分类号:TF713.3

文献标识码:B

文章编号:1009-5438(2003)S0-0024-04

1 前言

随着用户对钢材质量的要求越来越高,炉外精炼作为提升钢材质量的手段得到了迅速的发展。在炉外精炼过程中,通过合理地造渣可以达到脱硫、脱氧甚至脱氮的目的;可以吸收钢中的夹杂物;可以控制夹杂物的形态;可以形成泡沫渣淹没电弧提高热效率,减少耐火材料侵蚀。因此,在炉外精炼工艺中要特别重视造渣。在我厂现有 LF 设备的基础上制定合理的造渣工艺,控制好埋弧、脱硫、脱氧等主要精炼环节,充分发挥 LF 精炼效果尤为重要。

2 LF 基本参数

处理钢水量:80~90t(双透气砖);

单立柱三相电极,电极直径 $\phi 400\text{mm}$,电极行程 3000mm,节圆直径 700mm,电极调整速度 80mm/s;

水冷炉盖:水压 600kPa;水量 $195\text{m}^3/\text{h}$;行程 500mm;

变压器 14MVA/35KV 次级电压 200~300V
最大电流 39KA;

钢包运输车 负荷 140t 最大车速 160m/min
功率 15kW

精炼周期 40~42min/炉

升温速度 4

3 精炼造渣工艺制定

3.1 转炉渣对精炼效果的影响

3.1.1 渣中碳粒对钢中碳含量的影响

在转炉出钢合金化的过程中,由于加入增碳剂(沥青焦),有部分碳粒混入钢渣中,且石灰、合金的加入温降较大,使熔渣变稠甚至硬化结壳。其结果导致精炼前期化渣困难时间较长和就位成份碳含量不准确。为了解决这一问题,采取了转炉按钢种下限碳含量控制,减少转炉下渣和 LF 送电 5~8min 后取样的措施,确保在 LF 碳含量的准确控制。

3.1.2 转炉下渣对精炼效果的影响

转炉出钢过程中下渣时,炉渣受钢流的混冲乳化起到了充分氧化钢液(消耗脱氧剂和铁合金)的作用。到精炼的运输过程中对钢包中钢液起到长时间的氧化作用,使钢成份、脱氧元素不断变化^[1]。这种原始渣氧化性强,炉渣氧势高且渣中 SiO_2 含量较高、碱度低,给 LF 精炼脱氧造成极大危害,造渣时间延长,精炼与铸机匹配不畅。

在 LF 精炼过程中发现钢包内转炉下渣超过 100mm 时加入较大数量的渣料和脱氧剂及熔剂都难以使熔渣获得良好的流动性及良好的白渣化程度,白渣化困难的主要原因是渣中 FeO 含量高,脱氧剂很难在粘稠的渣中扩散,脱氧时间长。取渣样分析

收稿日期:2003-06-03

作者简介:赵保国(1972-),男,内蒙古包头市人,炼钢工程师,负责炼钢厂第一连铸车间工艺技术、质量管理工作。

的结果表明渣中 (FeO + MnO) 含量较高,这种熔渣吸收夹杂物的能力也较差。

渣厚在 50 ~ 10mm 之间时,化渣仍然较慢,熔渣流动性一般,白渣化程度一般,较难形成粉白渣,停电后熔渣在 2 ~ 3min 后粘度迅速增大,这种熔渣吸收夹杂物的能力也较差。

渣厚小于 50mm 时,化渣迅速,送电 5 ~ 8min 后熔渣便能获得良好的流动性,也具有良好的埋弧作用,熔渣 SiO₂ 含量也较少,熔渣过程粘度变化小,能较早形成白渣。分析结果表明渣中 (FeO + MnO) 含量较低。

搞好出钢末期的挡渣,尽可能地减小转炉渣进入钢包是发挥 LF 精炼作用的基本前提,这一点要引起高度地重视。

3.2 合理的精炼渣系

炉渣的精炼能力决定于炉渣的化学性能和物理性能。为确保熔渣具有较好的流动性、发泡埋弧作用、脱硫及吸收夹杂物的能力,根据生产实践和研究资料介绍,我们选择表 1 所示渣系为我厂 LF 精炼目标渣系。

表 1 LF 精炼目标渣系 (%)								
CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	FeO	MnO	CaF ₂	R	
45 ~ 55	10 ~ 20	15 ~ 20	5 ~ 10	< 0.8	< 0.3	7 ~ 12	2.9 ~ 3.6	

稳定埋弧的渣厚应 80mm (因弧长为 70 ~ 80mm),而转炉来钢渣厚 30 ~ 50mm,罐内熔渣面积 6.7m²,熔渣密度 2.6g/cm³。要求新加渣料厚度至少在 50 ~ 30mm,充分考虑泡沫渣工艺特点,渣量应适当减少,故而,新渣料量为 500 ~ 750kg。根据以上计算和实际渣系成份确定渣料加入量为每炉:白灰 350 ~ 450kg,萤石 80 ~ 100kg,铝矾土 100 ~ 150kg,脱氧剂 30 ~ 50kg。要确保在 20 ~ 30min 的处理时间维持泡沫渣,还应加入电石 50 ~ 80kg。

以上用埋弧方法计算渣料加入量得到的渣和钢的相对重量,按硫容量理论计算得出钢水中的残余平衡硫含量 < 0.001 %。同时也符合渣量为金属量 2 % ~ 8 % 的 LF 用渣原则。实际生产中测得精炼后硫的分配比 L_s 为 200 ~ 350。充分证明炉渣具有较强的脱硫能力,埋弧计算方法是正确的。表 2 为实际生产中炉渣的渣样成分。

在生产过程中碱度高于目标值和个别炉次 FeO 较高,主要是转炉来钢下渣大于 60mm 的情况较多,

增加了白灰用量,熔渣流动性不好所致。

表 2 实际生产中炉渣的渣样成份 (%)									
炉号	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	FeO	CaF ₂	R	
2 - 1035	51.00	15.11	19.91	0.19	6.19	0.76	6.87	3.37	
2 - 1032	44.80	13.72	19.60	0.35	7.92	0.94	11.9	3.26	
4 - 1894	50.01	14.12	15.81	0.09	9.36	0.67	12.51	3.54	
5 - 1001	52.40	16.40	16.65	0.16	7.20	0.70	7.80	3.19	
4 - 1017	48.40	15.18	16.73	0.31	12.10	0.94	6.20	3.18	

3.3 LF 精炼工艺制度

钢包就位 加第一批渣料 送电加热 5 ~ 8min 取样、测温 加脱氧剂、第二批渣料 送电 5 ~ 10min 取样、测温 升温至合格温度,调整成份至内控 WF 处理 CCM(铸机)。

4 LF 熔渣分析

4.1 碱度对脱硫率的影响

随着 CaO 的加入炉渣碱度升高,炉渣硫容量增大,脱硫能力增强。当碱度达到一定值时,随着炉渣碱度增大,渣中 CaO 含量升高,熔渣粘度增大,渣钢界面硫扩散成为限制环节,使炉渣脱硫的动力学条件变差,再继续提高炉渣碱度,脱硫率反而下降。

4.2 SiO₂ 对脱硫、脱氧的影响

熔渣中 SiO₂ 含量普遍较高,主要是转炉下渣较多。含 Si、Mn 较高的钢原始渣中 CaO 低、SiO₂ 高,熔渣基本成中性,渣中 SiO₂ 高达 20 % 以上,精炼后 FeO < 0.5 % 的较少,而在 1.0 % 左右的较多且脱硫效果差。原因在于渣量多、精炼新加 CaO 等渣料熔化时间长使渣中脱氧剂扩散困难, SiO₂ 含量高,碱度低,熔渣组元活度受到影响。

4.3 Al₂O₃ 含量对脱硫的影响

脱硫率随 Al₂O₃ 含量的增加呈下降趋势。这是由于渣中 Al₂O₃ 是两性氧化物,在碱性还原渣中 Al₂O₃ 呈酸性,随着 Al₂O₃ 含量的增加炉渣碱度降低,使炉渣的脱硫能力降低。但从生产中可以看出,渣中适当添加 Al₂O₃ 可以明显降低渣系熔点,促进化渣。因此,要获得良好的冶金性能兼顾其脱硫能力和物理性能,即渣中应添加一定量的 Al₂O₃。

4.4 CaF₂ 含量对脱硫的影响

当渣中 CaF₂ < 9 % 时,随着 CaF₂ 含量的增加,脱硫率增大。当渣中 CaF₂ = 9 % ~ 10 % 时,脱硫率达到

最大值。当渣中 $\text{CaF}_2 > 10\%$ 时,随着 CaF_2 含量的增加,脱硫率减小。这是由于从热力学角度讲,按分子理论,炉渣脱硫反应如下: $\text{CaO}_2 + [\text{S}] = (\text{CaS}) + [\text{O}]$ 随着脱硫反应的进行,渣钢界面将有 CaS 固体形成,而 CaS 固体存在阻止脱硫反应的进行,而且使液相量减少。渣中 CaF_2 加入,有利于 CaS 固体的破坏,使液相量增加,改善了脱硫条件。但当渣中 CaF_2 含量达到足以阻止 CaS 固体形成时,继续增加 CaF_2 ,过量 CaF_2 的存在,会造成渣中 CaO 被稀释,使有效 CaO 的浓度降低,不利于脱硫。

5 脱硫与脱氧效果

5.1 白渣下钢中溶解氧平衡值与实测值对比分析

LF 定氧实测钢中 $[\text{O}]_a$ 可达 10ppm 左右,从理论计算的平衡氧含量和实测值比较,说明我厂在转炉出钢合金化过程中采用含 Al 或含 Ca 的强复合脱氧剂制度是合理的。LF 加 Al 脱氧工艺中,钢水原始含氧量对脱氧过程影响不大。而炉渣的氧势对脱氧过程影响极大,氧势越低,脱氧速度越快。而降低炉渣氧势的可靠措施就是降低炉渣中 $\text{FeO} + \text{MnO}$ 含量和提高碱度^[2]。在这种脱氧制度下,渣中 MnO 、 FeO 这些不稳定氧化物向钢液中扩散供氧反应成为可能,在白渣化差的情况下钢中氧含量回升已被现场定氧证实,同样 LF 处理过程中硅元素降低损失也说明了这一点,只有提高熔渣碱度,尽早使炉渣白渣化,才能抑制这一供氧反应的进行。表 3 所示为钢

中全氧量与钢中 $[\text{O}]_a$ 对比,说明现行炉渣的去除夹杂物能力较强。

表 3 钢中全氧量与钢中 $[\text{O}]_a$ 对比			
炉 号	LF 就位 $[\text{O}]_r$ (ppm)	LF 离位 $[\text{O}]$	
		$[\text{O}]_r$ (ppm)	$[\text{O}]_a$ (ppm)
5 - 4588	42.8	23.6	6.2
4 - 5603	62.2	33.4	11.7
4 - 5604	56.7	29.3	8.9
2 - 6099	73.8	34.9	6.0

生产中经 LF 处理后钢中全氧含量降低 40 % ~ 60 %。钢中氮含量有所增加,但基本在正常范围。

5.2 LF 脱硫效果分析

由图 1 可见,脱硫率 60 % ~ 90 % 占 74.5 %,总的来讲基本上达到了 LF 精炼脱硫目的。个别脱硫率不高的情况如下表 4 所示。可见主要原因一是原始转炉下渣多,渣中 SiO_2 高;二是就位硫含量较低。

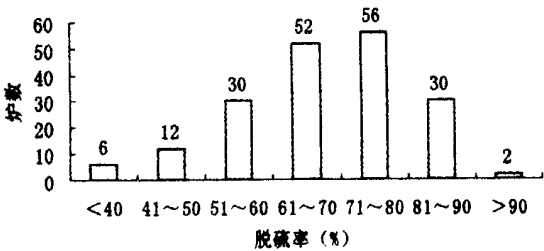


图 1 脱硫率分布情况(样本采集 188 炉)

表 4		脱硫率不高炉次渣样情况								
熔炼号		CaO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	MgO (%)	FeO (%)	CaF ₂ (%)	[S]钢液 (%)	就位渣厚 (mm)
4 - 7774	就位	29.34	23.52	31.58	4.27	6.05	3.32	2.03	0.031	120
	离位	47.07	15.30	15.32	1.00	4.97	2.20	6.81	0.020	
3 - 4948	就位	45.30	21.54	5.33	2.78	4.03	2.87	12.29	0.038	145
	离位	59.10	14.94	9.23	0.20	5.40	1.85	18.76	0.024	
3 - 4980	就位	36.85	38.68	11.18	3.48	9.54	1.44	4.15	0.036	130
	离位	49.00	21.32	10.29	0.44	6.34	0.94	13.70	0.025	
5 - 3591	就位	51.55	28.32	4.23	3.06	5.98	4.40	2.79	0.031	110
	离位	57.00	19.08	11.62	0.22	6.19	0.99	7.95	0.018	
3 - 4402	就位	42.70	19.12	11.21	3.13	7.13	1.98	3.79	0.018	130
	离位	51.20	14.83	11.12	0.11	5.04	<0.50	13.20	0.009	

6 结论

(1) LF 渣系的选择是合理的, 但转炉下渣的问题影响了 LF 的渣处理效果, 要下功夫解决挡渣出钢的问题。

(2) CaF_2 含量对钢水脱硫有明显的影响。

(3) Al_2O_3 含量的增加, 脱硫率下降, 但 Al_2O_3 的加入可以降低炉渣熔点。

(4) LF 的生产工艺实践证明是较为合理的, 经

LF 处理后全氧含量降低 40 % ~ 60 % ; 脱硫率 60 % ~ 90 % 占 74.5 % , 达到了 LF 精炼脱硫目的。

参 考 文 献

- [1] 陈家祥. 连续铸钢手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1991.
- [2] 张 鉴. 炉外精炼的理论与实践[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1993.

Study on slag - making technology in Ladle Furnaces

ZHAO Bao - guo , MAO Fu - lai , TANG Qian , WANG Li - jun

(Steel - making Plant of Baotou Steel (Group) Corporation , Baotou 014010 , China)

Abstract : According to characteristics of slag - making in ladle furnace in CCM workshop of Steel - making Plant , we analyzed and studied the slag - components CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , CaF_2 , then made a reasonable slag - components rate and slag - making rules. We have got a stable effect of desulphurization and deoxidization through practices.

Key words : LF ; Slag - making technology

(上接第 99 页)

业出版社, 1991.

参 考 文 献

- [1] 徐灏. 机械设计手册[M]. 北京: 机械工

Modification of tooth coupling of the torch - cutting machine

SUN Quan - shan

(Steel - making Plant of Baotou Steel (Group) Corporation , Baotou 014010 , China)

Abstract : The paper introduces the structure of torch cutting machine of bloom & round caster and analyzes the accepting force situation and breakdown of tooth coupling in detail. This paper also calculates the intensity by making use of the torque and rotation speed theory.

Key words : coupling ; intensity calculation ; allowed torque and rotation speed