

环保型无氟化渣剂在攀钢炼钢中的应用

喻 林¹ 梁新腾² 张彦恒¹ 周 伟² 曾建华² 陈 均²

(1 攀钢集团西昌钢铁有限公司炼钢厂, 西昌 615032; 2 攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司, 攀枝花 617000)

摘 要 对攀钢集团西昌钢铁有限公司(以下简称西昌钢铁)铝脱氧钢精炼造渣机理进行了研究,根据理论分析精炼过程要求的“高碱度、高 CaO 活度、高熔化速度、低熔化温度”提出了一种新的无氟精炼化渣剂,主要成分为(质量分数):17 CaO, 45 Al₂O₃, 5 Na₂O, 4 MgO, 5 SiO₂)。该化渣剂已在西昌钢铁应用,在 LF 工序加入量控制在 0.5 ~ 1.0 kg/t_钢,新的无氟精炼化渣剂埋弧效果好,化渣速度快,M3A35 等钢种 3 min 左右即成渣,对于钢包罐侵蚀明显比使用萤石化渣好,渣线部位耐材无明显侵蚀。

关键词 环保 精炼 化渣剂 无氟

Application of Environmental Protection Fluorine-Free Slagging Agent in Steelmaking at Pangang Group

Yu Lin¹, Liang Xinteng², Zhang Yanheng¹, Zhou Wei², Zeng Jianhua² and Chen Jun²

(1 Steelmaking Plant, Xichang Steel Vanadium Co., Ltd, Pangang Group, Xichang 615032;

2 Research Institute Iron & Steel Co., Ltd, Pangang Group, Panzhihua 617000)

Abstract The reaction mechanism of refining slagging of aluminum deoxidized steel at Pangang Group Xichang Steel and Vanadium Co Ltd has been studied. According to the theoretical analysis, the refining slag must be high alkalinity, high CaO activity, high melting rate and low melting temperature, therefore a new fluorine-free refining slag agent is proposed, its main ingredient is (mass fraction): 17 CaO, 45 Al₂O₃, 5 Na₂O, 4 MgO, 5 SiO₂). The slagging agent has been applied at Xichang steel vanadium Co Ltd, the amount added in the LF process is controlled at about 0.5 ~ 1.0 kg/t steel and good results have been achieved. The effect of submerged arc of new fluorine-free refining slag agent is good, the slag melting speed is fast, the time of slag formation about M3A35 some steel grades is only 3 min, the ladle etching is obviously better than that using fluorite slag and the refractory material at the slag line has no obvious corrosion.

Material Index Environmental Protection, Refining, Slagging Agent, Fluorine-Free

作为炼钢精炼过程造渣剂之一所使用的萤石是炉衬、包衬受到侵蚀的重要因素。同时使用过程中还产生大量 F⁻ 离子,对生态环境产生较大污染。所以钢铁企业都在寻求一种可以替代萤石的精炼化渣剂,无氟炼钢已经成为当今钢水精炼的发展趋势^[1-3]。

1 环保型化渣剂开发

无氟精炼造渣剂主要包括硼酸盐、CaO-Fe₂O₃ 基、Al₂O₃ 基和 MnO 基^[4-6] 几类。西昌钢铁大部分钢种采用铝终脱氧工艺,其精炼渣系的选择也是 CaO-Al₂O₃ 基渣系,精炼过程中造渣工艺对萤石的依赖性比较大,在萤石的实际使用过程中,时常出现化渣效果不稳定的现象,化渣效果较差时,会导致精炼时间延长,后续精炼合金收得率低,加热效率低,电极消耗加大。CaO-Al₂O₃ 基低氟或无氟精炼模式是西昌钢铁炼钢目前亟需解决的问题,因此,西昌钢铁对 Al₂O₃-Na₂O 基无氟化渣剂进行了研究。

不同添加剂(除 CaF₂ 外的 Li₂O、BaO、Na₂O、K₂O)对熔剂熔点影响的强弱顺序为 Li₂O > BaO > Na₂O > K₂O^[7]。几种添加剂均能明显降低 CaO 基渣系熔点,达到与萤石相当的效果(1 360 ℃),从实际应用效果看,几种添加剂都可行,但从性价比考虑,Na₂O 是最佳的选择。

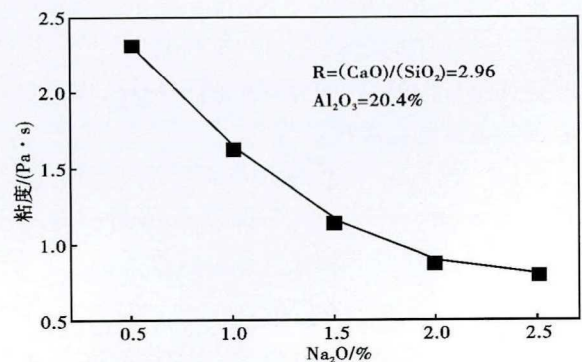


图 1 炉渣 Na₂O 含量对粘度的影响

Fig. 1 Influence of Na₂O content in slag on viscosities

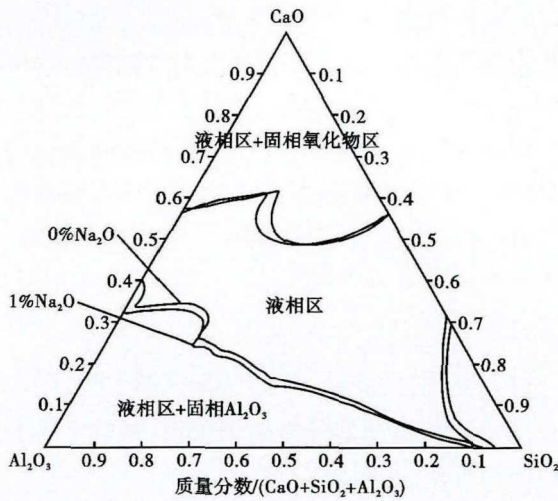


图 2 1580 °C 下,增加 1% Na₂O 后的 CaO-Al₂O₃-SiO₂ 基渣系相图

Fig. 2 Phase diagram of CaO-Al₂O₃-SiO₂ based slag system after adding 1% Na₂O at 1580 °C

表 1 无氟化渣剂成分设计及实测值/%

Table 1 Fluorine free slag agent design and analysis ingredient/%

CaO	P	S	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	MgO	FeO	SiO ₂	H ₂ O
17	0.1	0.1	45	5	4	0.5	5	2
10~30	<0.2	≤0.2	40~50	2~10	≤10	≤3	≤10	≤4.5

Na₂O 可以降低炉渣的粘度,从而降低熔点,主要原因是 Na₂O 可以提供 O²⁻ 使聚合的硅氧四面体解聚,进而降低炉渣粘度^[8]。由图 1 可知,当 Na₂O 含量大于 0.75% 后,炉渣粘度均小于 2 Pa·s。

精炼温度 1580 °C,现有 CaO-Al₂O₃-SiO₂ 基渣系增加 1% 的 Na₂O 后的相图如图 2 所示。由图 2 可见,增加 1% 的 Na₂O,能够明显的增加现有渣系的液相区。

西昌钢钒无氟化渣剂是将攀钢钒制品冶炼产生的刚玉渣及钠盐等原料通过高压压球机压制成型的一种炼钢用辅助材料,化渣剂主要技术指标见表 1。无氟化渣剂在 LF 工序进站加入,加入量控制在 0.5 ~ 1.0 kg/t_钢。

2 应用效果

无氟化渣剂已成功应用于 LF 精炼生产中,包括超低碳、低合金、普碳系列,如 Q355、P280VK、P550CL、SAPH440-B、M3A35 等钢种,基本生产工艺流程:含钒铁水脱硫提钒-200 t 转

炉炼钢-LF(RH)精炼-连铸。在 LF 工序,精炼渣表现出熔点低、化渣快,脱氧、脱硫能力强,钢包内衬寿命长等特点,并且炉渣状况稳定,始终处在较好状态并能够保障埋弧精炼的效果。由表 2 可见,钢包渣精炼结束后均处于低熔点区域。

冶炼钢种 LF 埋弧效果见表 3。与平时生产使用萤石化渣至少需要 5 min 比较,使用无氟化渣剂的前期化渣时间明显缩短,一般低合金及超低碳钢埋弧 3 min 左右开始保持平稳,一直持续到加热结束。

采用无氟化渣剂后,未出现结壳(未化尽)现象。典型钢种 SAPH440-B 渣况见图 3(具体成分见表 2)。采用此无氟化渣剂,LF 精炼结束后,其上层会形成一层很薄的渣壳,目测其厚度不超过 3 mm,且由于薄渣壳很薄,不会影响后步工序,现场跟踪 RH 工序反馈也印证了这一点。

为考察无氟化渣剂的控硫效果,在有深脱硫需

表 2 SAPH440-B 钢改进典型钢包渣组成及原工艺钢包渣成分

Table 2 Typical improved and original process ladle slag ingredient for steel SAPH440-B

炉次	钢包渣成分/%						CaO/Al ₂ O ₃	熔点/°C
	CaO	FeO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O		
1	50	1.3	8.0	8.6	22	0.82	2.3	1364
2	51	1.3	9.5	8.5	19	0.76	2.7	1358
3	49	1.3	7.8	10.5	21	0.71	2.4	1352
4	52	0.9	8.5	7.6	24	0.10	2.2	1362
5	46	1.4	6.7	5.2	23	0.92	1.8	1321
原工艺	50	1.4	7.0	7.8	15.6	-	3.2	1396

表 3 电弧曲线达到平稳时间(200 t 钢包成渣)

Table 3 Time for arc curve to stabilize (200 t ladle slagging)

钢种	成渣时间/min
M3A35	3
SAPH440-B	3.5
Q355	3
P280VK	4.5
P550CL	4
原工艺平均成渣时间	5.5

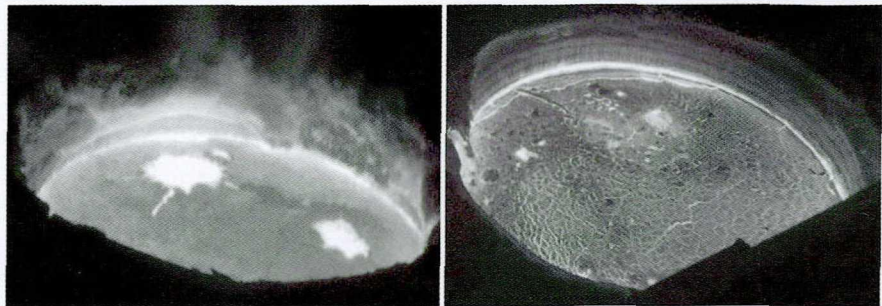


图 3 典型钢种渣况

Fig. 3 Slag condition of typical steels

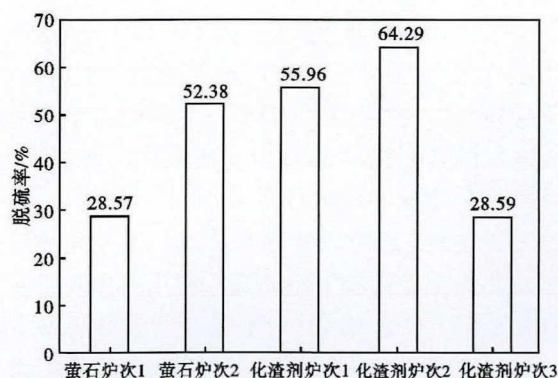


图 4 萤石化渣剂(炉次 1,2)和无氟化渣剂(炉次 1,2,3)工艺的脱硫效果对比

Fig. 4 Comparison of desulfurization effects of processes between by fluorite slagging agent (heat 1 and 2) and improved fluorine-free slagging agent (heat 1,2 and 3)

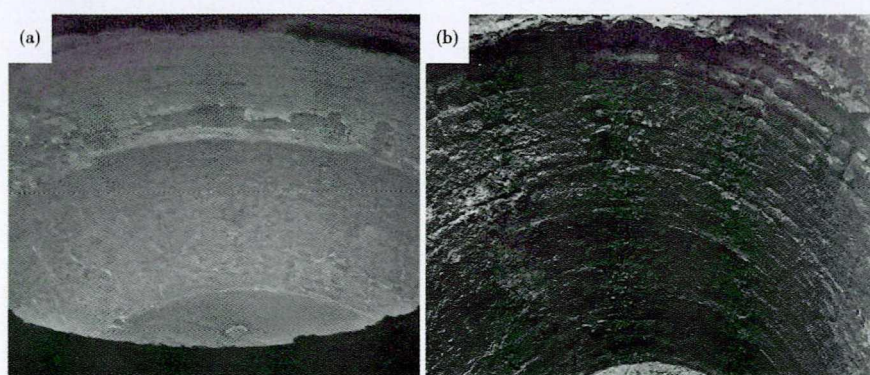


图 5 采用无氟化渣剂炉次钢包耐材上线(a)和下线(b)侵蚀情况

Fig. 5 Corrosion situation of ladle refractory materials with fluorine-free slagging agent at online (a) and offline (b)

表 4 中间包钢中加萤石与无氟化渣剂工艺 T[O]控制对比
Table 4 Comparison of total oxygen control in tundish between by adding fluorite process and fluorine-free slagging process

钢种	T[O]/×10 ⁻⁶	
	加萤石工艺	加无氟化渣剂工艺
M3A35	15	16
SAPH440-B	21	21
Q355	23	22
P280VK	16	15
P550CL	24	23

求的 P550CL 钢种上开展了对比,其钢种 S 含量要求 ≤0.003%, 由于前工序各冶炼过程脱硫效率稳定性较差,入 LF 铁水 S 含量一般为 0.003% ~ 0.007%, 平均 0.005% 左右,有 80% 左右炉次在 LF 需要脱硫,LF 脱硫过程依次加入 7 ~ 9 kg/t_钢 石灰、0.5 ~ 1.0 kg/t_钢 的环保型化渣剂以及铝粒,处理时间 30 ~ 40 min,图 4 为两种工艺的脱硫率对比情况,原工艺采用的萤石主要成分:CaF₂: 78.51%、SiO₂: 8.28%、CaO < 0.5%、MgO < 0.5%。由图 4 可见,无氟化渣剂控硫效果要优于萤石。

由表 4 可见,采用无氟化渣剂炉次 T[O] 与原工艺相当。采用无氟化渣剂炉次冶炼钢种可浇性正常。

如图 5 所示,与使用萤石化渣剂的钢包侵蚀情况比较,采用无氟化渣剂后侵蚀有较为明显的改善,钢包寿命平均 195 次,提高了 15 次以上,钢包小修次数平均减少 1.5 次。

3 结论

(1)西昌钢钒采用 Al₂O₃-Na₂O 基的无氟化渣剂 0.5 ~ 1.0 kg/t_钢,化渣效果优于萤石,减轻了萤石对炉衬的严重侵蚀,提高了转炉炉龄。

(2)采用无氟化渣剂对于精炼中间包侵蚀情况比使用萤石化渣剂减轻,渣线部位耐火材料无明显侵蚀。

(3)使用无氟化渣剂 LF 精炼埋弧效果好,化渣速度有明显提高;无氟化渣剂不会对脱硫效果产生不利影响,具备脱硫及生产深脱硫钢种的能力;钢水可浇性正常,钢水洁净度与原工艺相比,无明显变化。

参考文献

- [1]孙毅杰,熊银成. 炼钢用复合化渣剂的开发与应用[J]. 炼钢, 2001, 17(5): 28-31.
- [2]李树森,王 祎. 转炉无氟炼钢工艺研究及应用效果分析[C]. 2014 年全国炼钢—连铸生产技术会,唐山:中国金属学会, 2014: 255-261.
- [3]耿 涛,邹长东,周彦召,等. 铝矾土代替萤石造精炼渣的可行性研究[J]. 上海金属, 2013, 35(4): 24-28.
- [4]邹长东,赵家七,周彦召,等. 一种低碳铝镇静钢用无氟低熔点深脱硫渣系[J]. 炼钢, 2012, 28(5): 52-56.
- [5]程祥臻. 低成本高效 LF 精炼渣的开发研究[C]. 2015 连铸装备的技术创新和精细化生产技术交流会,中国金属学会, 2015: 264-266.
- [6]房志琦,丁胜利,温春普,等. 铁矾土代替萤石造 LF 精炼渣的研究与应用[C]. 2017 高效、低成本、智能化炼钢共性技术研讨会论文集,中国金属学会, 2017: 108-112.
- [7]郭上型,李桂荣,董元篪,等. 添加剂(Li₂O BaO Na₂O K₂O)对 CaO 基熔剂熔点影响的实验研究[J]. 安徽工业大学学报, 2001, 18(1): 5-7.
- [8]佟志芳,乔家龙,陈 涛. 炉渣组分对 CaO-Al₂O₃-SiO₂-TiO₂-MgO-Na₂O 渣系粘度的影响[J]. 过程工程学报, 2016, 16(2): 189-196.

喻 林(1979-),男,副厂长,包头钢铁学院(本科)毕业,炼钢和连铸工艺研究. E-mail:46217133@qq.com

收稿日期:2020-09-09