

LF炉精炼渣的开发和应用

赵春阳

(中国第一重型机械集团公司, 黑龙江富拉尔基 161042)

摘要: 研究测定了CaO-Al₂O₃系LF炉精炼渣的熔点和熔速, 确定了综合性能指标较好的LF炉精炼渣的组分, 考察了利用该精炼渣时耐火材料、处理时间及精炼钢种等试验条件对脱硫效果的影响。另外, 在现场试验中对比该精炼渣与传统的含氟精炼渣对钢中夹杂物级别、硫含量及气体含量的影响。研究表明, 组成为CaO = 57%, Al₂O₃ = 39%, SiO₂ = 1%精炼渣具有较好的综合指标, 其熔点为1390℃, 熔速(1300℃)为15sec。与镁质耐火材料相比, 使用镁碳质耐火材料时, 脱硫效果更显著。现场使用该精炼渣进行LF精炼处理时, 成渣速度快、电弧平稳, 钢中夹杂、气体以及硫含量降低。

关键词: LF炉; 精炼渣; CaO-Al₂O₃系; 脱硫

中图分类号: TF71

文献标识码: A

文章编号: 1008-8725(2009)04-0180-02

Development and Application of LF Refining Slag

ZHAO Chun - yang

(First Heavy Industry Machinery Co., Fulaerji 161042, China)

Abstract: In the present work, a new CaO-Al₂O₃ LF refining slag with well aggregative indicators was developed by the detection of melting point and melting speed. By the utilization of the developed refining slag, the influence of refractory, treatment time and steel kinds, on the desulfurization efficiency were investigated. Moreover, sulfur, nitrogen, hydrogen, oxygen content and inclusion grade in the steel treated by developed and conventional refining slag were compared. The research results showed that the flux composed of CaO57%, Al₂O₃39% and SiO₂1% with melting point of 1390℃, melting speed (at 1300℃) of 15sec showed well aggregative indicators. Comparing MgO and MgO-C refractory, the desulfurization efficiency was much better when MgO-C refractory was used. In commercial test, the developed refining slag had some advantages, such as faster melting speed, more stable arc, and lower sulfur, nitrogen, hydrogen, oxygen content and inclusion grade in the steel, than that of the conventional fluorine-containing refining slag.

Key words: LF furnace; refining slag; CaO-Al₂O₃ flux; desulfurization

0 前言

1971年,日本大同特殊钢大森厂在总结和消化ASEA-SKF, VAD和VOD等精炼法的基础上, 研究开发了LF(Ladle Furnace)精炼法^[1]。该精炼法主要包括加热与温度控制、白渣精炼工艺、合金微调与窄成分控制以及氩气搅拌等内容, 主要特点有^[2]:

- (1) 精炼功能强, 适宜生产超低硫、超低氧钢;
- (2) 采用电弧加热, 热效率高, 升温幅度大, 温度可以精确控制;
- (3) 具备搅拌和合金化功能, 易于实现窄成分控制, 提高产品的稳定性;
- (4) 采用白渣精炼工艺, 精炼成本低;
- (5) 设备简单, 投资较少。

LF精炼不但可以为铸锭提供温度和成分准确均匀的钢水、协调炼钢与铸锭节奏, 还可以开发合金含量较高的钢种。该方法的应用和发展极大地推动了新钢种、新工艺的研究开发, 促进了炉外精炼技术的进步和钢铁工业的发展^[3-5]。实践和研究结果表明, 合适的LF精炼渣是获得脱硫、脱氧以及去除夹杂等精炼效果的必备条件^[1, 6]。

由于原料、精炼工艺以及钢种等原因, 早期的LF炉精炼多使用含氟的CaO-CaF₂二元或CaO-Al₂O₃-CaF₂三元等渣系, 即, 采用石灰+萤石的造渣工艺。虽然上述诸含氟渣系具有较强的脱硫能力, 其硫容量在二元渣系和三元渣系中亦最高, 但是, 在冶炼及其后的炉渣处理过程中, CaF₂与原料中的水分及其它一些物质发生化学反应, 生成有毒的HF, SiF₄, AlF₃, TiF₄等氟化物气体。



调查结果表明, 在使用含氟渣系的钢铁厂中, 含氟有害气体浓度超过国家标准25~70倍之多, 对环境及现场操作人员的身心健康造成了严重的污染和损害。另外, 由于受石灰质量等原料条件的影响, 采用石灰+萤石的造渣工艺存在化渣速度较慢, 影响精炼效果及钢材质量的缺点^[6]。

随着国家环保政策和各项法律法规的逐步实施, 对含氟材料的使用将日益受到严格控制。因此, 根据一重的LF炉精炼工艺特点和冶炼钢种的需要, 研究开发和利用新型高效环保的LF炉精炼渣已经十分必要。研究根据CaO-Al₂O₃相图, 测定了数组CaO-Al₂O₃系LF炉精炼渣的熔点和熔速, 得到综合指标均较好的LF精炼渣, 并且考察了利用该精炼渣时耐火材料和处理时间对脱硫效果的影响。另外, 在实际生产中对比了该精炼渣与传统的含氟精炼渣对钢中夹杂物、硫含量及气体含量的影响。表明本研究开发的具有优良的使用效果, 能够满足实际生产的需要。

1 试验

1.1 优选精炼渣的基本指标

根据一重LF炉精炼的实际情况, 硫在各种渣系中的分配比以及经济因素等, 该研究选择CaO-Al₂O₃精炼渣系开展试验和应用研究。图1示出了CaO-Al₂O₃系相平衡状态图。

由图可见, 为了提高精炼渣的冶炼效果, 保证精炼渣具有较高的碱度和较低的熔点, 精炼渣的成分应该处在CaO含量较高的一侧。因此该研究在图中的A-B区域内选择了数个组分, 以石灰和氧化铝为原料, 添加一定量的促进剂混匀后在1500℃的电炉内加热熔化, 制备了数个组分的CaO-Al₂O₃系预熔渣, 利用熔点熔速仪测定了预熔渣的熔点和熔速。表1列出了通过实验优选的精炼渣组分及其性能。

收稿日期: 2008-11-13; 修订日期: 2009-02-19

作者简介: 赵春阳(1970-), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 工程师, 从事技术工作, Tel: 13304620456。

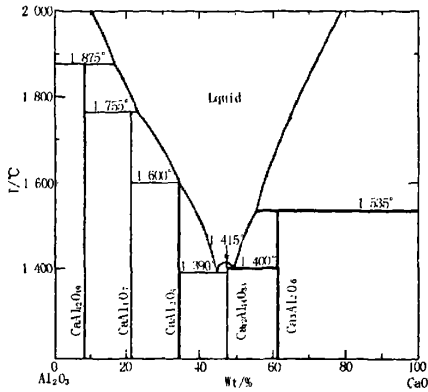


图1 CaO - Al₂O₃ 相平衡状态图

表1 优选精炼渣的主要化学组成及性能

化学组成/%			熔点/°C	熔速(1300°C,S)
CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂		
57	39	1	1390	15

1.2 试验条件对脱硫效果的影响

为了考察精炼渣对不同冶炼钢种的影响,该试验采用了化学成分如表2所示的Q235B钢样和低硫钢样。

表2 Q235钢样和低硫钢样的化学组成(%)

	C	S	P	Mn	Al	Si
Q235钢样	0.15	0.041	0.013	0.51	0.001	0.217
低硫钢样	0.078	0.0052	0.011	1.376	0.027	0.115

图2示出了利用开发的精炼渣,使用不同耐火材料处理Q235钢样时钢中硫含量随着处理时间的变化。由图可见,随着精炼处理时间的延长,钢中的硫含量逐渐降低。精炼处理时间相同时,采用镁碳质耐火材料时钢中的硫含量低于镁质耐火材料。例如,当使用镁碳质耐火材料,精炼时间达到15min时,钢中的硫含量由原始的410ppm降至70ppm;处理时间进一步延长至30min时,可降至46ppm,远低于使用镁质耐火材料的270ppm。

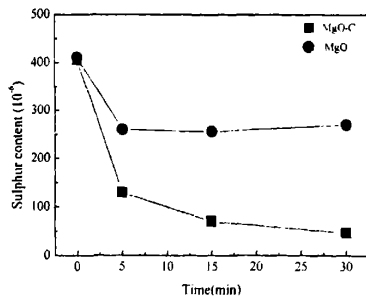


图2 使用不同耐火材料时钢液中的硫含量

图3为使用镁碳质耐火材料精炼处理低硫钢样时钢中硫含量随着处理时间的变化。

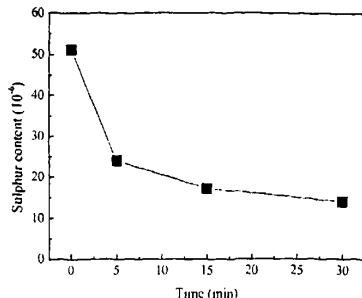


图3 钢中硫含量随着处理时间的变化

由图3可见,该研究开发的精炼渣对于低硫钢的精炼处理效果也十分明显。加入精炼渣5min后,钢中的硫含量即可从 5.1×10^{-5} 降低至 2.4×10^{-5} ,处理到15min后钢中的硫含量已经低于 2.0×10^{-5} 。

1.3 精炼渣现场使用效果

为了对比普通精炼渣的精炼、检验本研究开发精炼渣的实用性,在一重进行了现场试验。表3-5分别列出了钢中夹杂物级别、气体含量、硫含量等检测结果。

表3 使用开发精炼渣和普通精炼渣时钢中夹杂物的级别

钢种	冶炼工艺	硅酸盐类夹杂物级别		
		成渣后	出钢前	
开发精炼渣	35	LF + MBC	1.5	1.5
	30Cr ₂ Ni ₂ Mo	VD + MBC	0.5	0.5
	35	VD	1	0
普通精炼渣	60CrNiMo	LF + VT	0.5	1
	SA182	LVCD + VCD	0.5	3.5
	30Cr ₂ Ni ₂ Mo	LF + VT	0.5	1

由表4可见,利用原工艺精炼时,钢中夹杂物最高为3.5级,有大颗粒夹杂物存在;而使用开发的新型精炼渣时,钢中夹杂物的最高为1.5级。表明开发的精炼渣具有吸附夹杂物能力。

表4 使用开发精炼渣和普通精炼渣时钢中气体含量 ($\times 10^{-6}$)

钢种	冶炼工艺	H	O	N	
60CrNiMo	LF + VT	2	18	58	
35	LF + MBC	2	46	79	
开发精炼渣	30Cr ₂ Ni ₂ Mo	VD + MBC	3	44	34
	35	VD	3.2	44	50
平均值		2.55	38	55.25	
60CrNiMo	LF + VT	3.3	44	77	
60CrNiMo	LF + VT	3.5	30	35	
普通精炼渣	60CrNiMo	LF + VT	3.9	60	54
	60CrNiMo	VD + MBC	3.3	32	25
平均值		3.38	41.5	47.75	

由表可见,使用开发的新型精炼渣时钢中的H和O平均分别下降24.56%和8.4%。这是由于精炼渣含水少(<0.5%),同时成渣快可以有效防止钢水吸气。而采用石灰+萤石工艺时,水分含量高,而且成渣也较慢。

表5 使用开发精炼渣和普通精炼渣时钢中硫含量

钢种	冶炼工艺	出钢前S 第一个样S 脱硫率			
		$\times 10^{-6}$	$\times 10^{-6}$ / %		
60CrNiMo	LF	24	8	66.7	
35	LF + MBC	23	8	65.2	
开发精炼渣	35	VD	26	12	53.8
	45		23	5	78.3
	42CrMo		23	7	69.6
平均值		23.8	8.6	63.9	
42CrMo	VD	20	13	35	
YB-70	VD + VT	17	7	41.2	
普通精炼渣	30Cr ₂ Ni ₂ Mo	LF + VT	14	9	35.7
	30Cr ₂ Ni ₂ Mo	LF + VT	19	8	57.9
	42CrMo	VD	24	10	58.3
平均值		3.38	1.5	47.8	

由表可见,使用开发的新型精炼渣时的脱硫效果较好,平均脱硫率为63.9%;而原工艺为47.8%。

2 结论

- (1)开发的CaO - Al₂O₃系LF精炼渣熔点低、熔速快,具有较强的脱硫能力,可以适用于不同钢种的脱硫处理。
- (2)耐火材料的种类对LF炉精炼处理具有一定影响。与镁质耐火材料相比,使用镁碳质耐火材料时更有利于钢液脱硫。
- (3)LF炉使用CaO - Al₂O₃系精炼渣进行精炼处理时,成渣速度快、电弧平稳,钢中夹杂、气体以及硫含量降低。

(责任编辑 吕璐)

LF炉精炼渣的开发和应用

作者: [赵春阳](#), [ZHAO Chun-yang](#)
作者单位: [中国第一重型机械集团公司, 黑龙江, 富拉尔基, 161042](#)
刊名: [煤炭技术](#) PKU
英文刊名: [COAL TECHNOLOGY](#)
年, 卷(期): 2009, 28(4)
被引用次数: 2次

本文读者也读过(10条)

1. [孟劲松](#), [姜茂发](#), [王德永](#), [刘承军](#), [MENG Jin-song](#), [JIANG Mao-fa](#), [WANG De-yong](#), [LIU Cheng-jun](#) [LF炉合成精炼渣成分优化](#) [期刊论文]-[东北大学学报\(自然科学版\)](#) 2006, 27(10)
2. [唐萍](#), [文光华](#), [漆鑫](#), [陈浩](#), [周建](#), [黄鼎](#), [龙贻菊](#), [胡兵](#), [潘永忠](#) [LF埋弧精炼渣的研究](#) [期刊论文]-[钢铁](#) 2004, 39(1)
3. [闵义](#), [王德永](#), [刘承军](#), [姜茂发](#), [MIN Yi](#), [WANG De-yong](#), [LIU Cheng-jun](#), [JIANG Mao-fa](#) [高碱度LF合成精炼渣泡沫化性能研究](#) [期刊论文]-[东北大学学报\(自然科学版\)](#) 2008, 29(3)
4. [赵和明](#), [谢兵](#) [LF炉精炼渣冶金性能的研究现状](#) [期刊论文]-[钢铁钒钛](#) 2002, 23(4)
5. [高瑞林](#), [Gao Ruilin](#) [LF炉精炼用渣冶金性能研究](#) [期刊论文]-[价值工程](#) 2010, 29(18)
6. [方莉莉](#), [王建军](#), [周俐](#), [李强](#), [FANG Li-li](#), [WANG Jian-jun](#), [ZHOU Li](#), [LI Qiang](#) [LF炉混合型精炼渣脱硫的实验室研究](#) [期刊论文]-[安徽工业大学学报\(自然科学版\)](#) 2008, 25(1)
7. [潘贻芳](#), [凌遵峰](#), [王宝明](#), [李树庆](#), [王振峰](#), [PAN Yi-fang](#), [LING Zun-feng](#), [WANG Bao-ming](#), [LI Shu-qing](#), [WANG Zhen-feng](#) [无氟预熔LF精炼渣的开发与应用研究](#) [期刊论文]-[钢铁](#) 2006, 41(10)
8. [李士琦](#), [李瑾](#), [刘锦霞](#), [张艳艳](#), [庞永刚](#), [王会中](#), [Li Shiqi](#), [Li Jin](#), [Liu Jinxia](#), [Zhang Yanyan](#), [Pang Yonggang](#), [Wang Huizhong](#) [五元精炼渣系熔化温度的研究](#) [期刊论文]-[特殊钢](#) 2010, 31(3)
9. [易操](#), [朱荣](#), [董凯](#), [申景霞](#), [李猛](#), [YI Cao](#), [ZHU Rong](#), [DONG Kai](#), [SHEN Jing-xia](#), [LI Meng](#) [GCr15钢LF精炼渣系脱硫优化的研究](#) [期刊论文]-[钢铁研究](#) 2010, 38(1)
10. [温良英](#), [陈登福](#), [白晨光](#), [董凌燕](#), [许原](#), [邱贵宝](#), [周远华](#), [廖明](#), [陈浩](#) [钢包炉\(LF\)预熔精炼渣的研究](#) [期刊论文]-[特殊钢](#) 2003, 24(2)

引证文献(2条)

1. [张宝景](#), [张朝发](#) [LF脱硫精炼渣的发展](#) [期刊论文]-[四川冶金](#) 2011(2)
2. [张宝景](#), [张朝发](#) [LF脱硫精炼渣的发展](#) [期刊论文]-[金属材料与冶金工程](#) 2011(2)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_mtjs200904089.aspx