

Study on the Effect of Desulfurization and Removing Inclusions by Making Refining Slag Using Bauxite Instead of Fluorite

Yang Li, Yun Zhou, Leiming Yin, Yuquan Xue

School of Metallurgy Engineering, Anhui University of Technology, Maanshan Anhui
Email: 1204545118@qq.com

Received: May 10th, 2016; accepted: Jun. 5th, 2016; published: Jun. 8th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In the study, the effect of bauxite instead of fluorite acting as flux in CaO-Al₂O₃-SiO₂-MgO refining slag on desulfurization efficiency was researched. The result shows bauxite replacing fluorite improves desulphurization efficiency. In a certain range, the addition of bauxite can reduce the content of sulfur in liquid steel. When the CaO/SiO₂ ratio ranges from 11 to 12, and the content of bauxite is 4% - 5%, the desulfurization effect is best and can reach more than 80%. Besides, the slag has better property of modifying and removing inclusions.

Keywords

Bauxite, Refining Slag, Desulphurization, Inclusion

铝矾土替代萤石对精炼渣脱硫去夹杂性能影响的实验研究

李 阳, 周 云, 殷磊明, 薛玉权

安徽工业大学冶金工程学院, 安徽 马鞍山
Email: 1204545118@qq.com

收稿日期: 2016年5月10日; 录用日期: 2016年6月5日; 发布日期: 2016年6月8日

摘要

本文以CaO-Al₂O₃-SiO₂-MgO-CaF₂基础精炼渣系,通过加入铝矾土等量取代CaF₂,研究铝矾土替代萤石对精炼脱硫效果的影响。实验结果表明:铝矾土替代萤石造渣对钢液脱硫有良好的效果,碱度的增加和适量的铝矾土加入量,能够提高精炼渣的脱硫率,当CaO/SiO₂的比值在11~12,铝矾土的含量在4%~5%时,脱硫效果最佳,可达到80%以上;实验渣对钢中夹杂物的改性和去除也有良好的效果。

关键词

铝矾土,精炼渣,脱硫,夹杂物

1. 引言

钢水的精炼过程中,造渣是冶炼的关键。CaF₂具有良好的化渣性能,但是CaF₂在高温时会反应生成HF、SiF₄等气体,严重污染环境;同时,不断的开采利用使优质的萤石矿越来越少,价格也比较高。用铝矾土[1]-[3]替代萤石造渣能够减少污染,且铝矾土中的Al₂O₃含量较高,可达60%以上,而其中的氧化性物质如Fe₂O₃、SiO₂的含量则较低,既可提高渣中的Al₂O₃含量,又不会导致渣的氧化性的增高。同时,由于铝矾土价格便宜,可大大降低生产成本。

本实验采用CaO-Al₂O₃-SiO₂-MgO精炼渣系,通过向渣中加入铝矾土等量替代渣中的CaF₂,来研究铝矾土替代萤石后精炼渣的脱硫性能和对钢中夹杂物的影响。

2. 实验方案及操作

根据目前精炼渣的应用现状[4],在CaO-Al₂O₃-SiO₂-MgO精炼渣系的基础上,使用铝矾土等量替代CaF₂,实验炉渣的成分设计见表1。

Table 1. Slag composition of the experiments
表 1. 实验精炼渣成分

序号	R	成分%					
		CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	CaF ₂	铝矾土
1	8	40.0	40	5	10	5	0
2	9.6	48.0	32	5	10	5	0
3	10.6	53	27	5	10	5	0
4	11.4	57	23	5	10	5	0
5	12	60.0	20.0	5	10	4	1
6	12	60	20	5	10	3	2
7	12	60	20	5	10	2	3
8	12	60	20	5	10	1	4
9	12	60	20	5	10	0	5

R 为实验渣的二元碱度 CaO/SiO₂。

在高温炉，1600℃下进行渣—钢实验。实验的操作过程如下：钢样→升温至1600℃→加入配好的渣料，并通氮气保护→搅拌→40 min 后取出整个钢样→钢的成分检测和夹杂物分析。(实验所用高温炉为 MoSi₂ 管式高温炉，CaO 等实验试剂为分析纯试剂)。

3. 实验结果及讨论

3.1. 碱度对脱硫率的影响

根据离子理论，精炼过程中渣钢间的主要脱硫反应[5]为：



$$K_s = \frac{a_{(S^{2-})} a_{[O]}}{a_{[S]} a_{(O^{2-})}}$$

实验渣系的脱硫效果通过脱硫率表达：

$$\alpha = \left(\frac{[S]_i - [S]_f}{[S]_i} \right) \times 100\%$$

其中，[S]_i 为 LF 精炼开始时钢中的硫含量，[S]_f 为精炼终点钢水中的硫含量。

从实验 1 到实验 5，实验渣的二元碱度 R 不断提高，脱硫率随碱度的变化如图 1 所示，随着二元碱度的增加，脱硫率总体呈增加趋势，到第五组时脱硫率最高，达到 70% 以上。由式(1)可知，随着碱度的增加，渣中的 O²⁻ 也随之增加，促进反应向右进行，有利于炉渣的脱硫。是以在此基础上我们选取二元碱度 R 在 12，进行铝矾土等量取代萤石实验。

3.2. 铝矾土取代量对脱硫率的影响

从图 2 可知，控制二元碱度 R = 12，在 4~8 组的实验中，脱硫率随着铝矾土取代 CaF₂ 量的增加而变大，最高达到 86.84%，并且实验中观察到随着铝矾土取代量的增加，实验渣的熔化性能并未受到太大的影响。这是因为铝矾土的主要成分为 Al₂O₃，随着铝矾土加入量增加，渣中 Al₂O₃ 的含量也随之增加，而 Al₂O₃ 为酸性氧化物，能够与 CaO 结合形成多种低熔点的化合物，Al₂O₃ 含量的增加可以提高渣的流动性，对改善脱硫的动力学条件十分有利，尤其是其与 CaO 形成的 12CaO·7Al₂O₃ 熔点很低，亦可改善脱硫效果。但从实验 8 到实验 9，铝矾土取代量进一步增加，脱硫率却有所下降，这是由于铝矾土含量的上升使渣中 Al₂O₃ 含量的增加，精炼渣体系的碱度降低，这对于精炼脱硫所需要的高碱度是不利的，从式(1)可知，碱度降低不利于平衡向右进行。因此为了利于化渣又不影响渣钢反应的进行，要控制铝矾土的加入量，不宜过多。

实验中降低 CaF₂ 量[6]，逐步增加铝矾土的含量，最后完全替代 CaF₂，从脱硫率上看，实验设计的渣系脱硫效果良好，铝矾土替代 CaF₂ 完全可行。

3.3. 钢中夹杂物的形貌和成分分析

对精炼渣实验的原始钢样和实验终点试样的夹杂物在 JSM-6510 扫描电镜、能谱仪进行形貌和成分分析，所得谱线图和形貌图如图 3。

在扫描电镜视场下发现为原钢样中的典型夹杂物主要为 FeS-MnS 夹杂，如图 3，其夹杂物的尺寸大部分较小，分布较多。经实验渣系精炼后，钢中硫化物夹杂数量明显变少，少量也以 Ca-Al-S 的复合夹杂物形式存在且尺寸明显变大。

图 4 为精炼后的夹杂物形貌和能谱图，且为同一视场下的两个相邻夹杂，如图标记为 1 和 2。由图

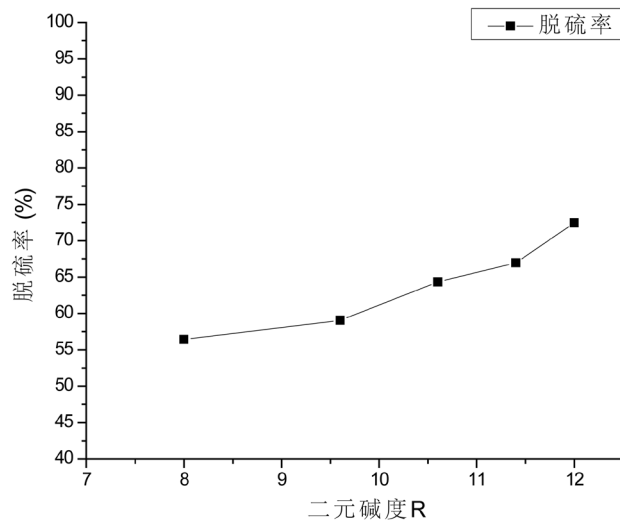


Figure 1. Variation of desulfurization rate with the basicity of slag
图 1. 脱硫率随炉渣碱度的变化情况

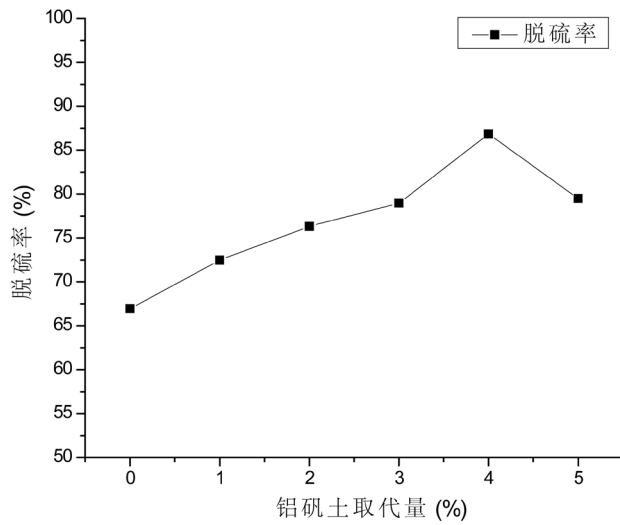


Figure 2. Variation of desulfurization rate with the content of bauxite
图 2. 脱硫率随铝矾土含量的变化情况

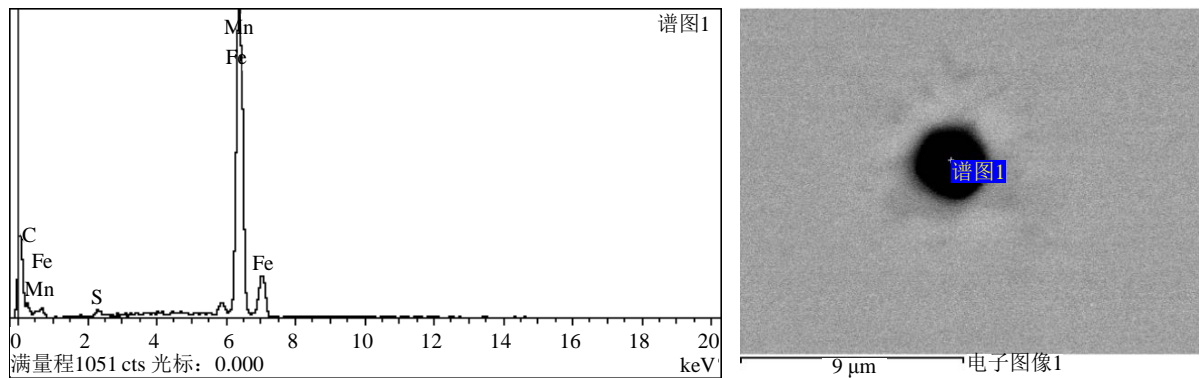


Figure 3. Spectral line pattern and stereoscan photograph of inclusion before refining
图 3. 精炼前原始钢样夹杂形主要形貌及其成分

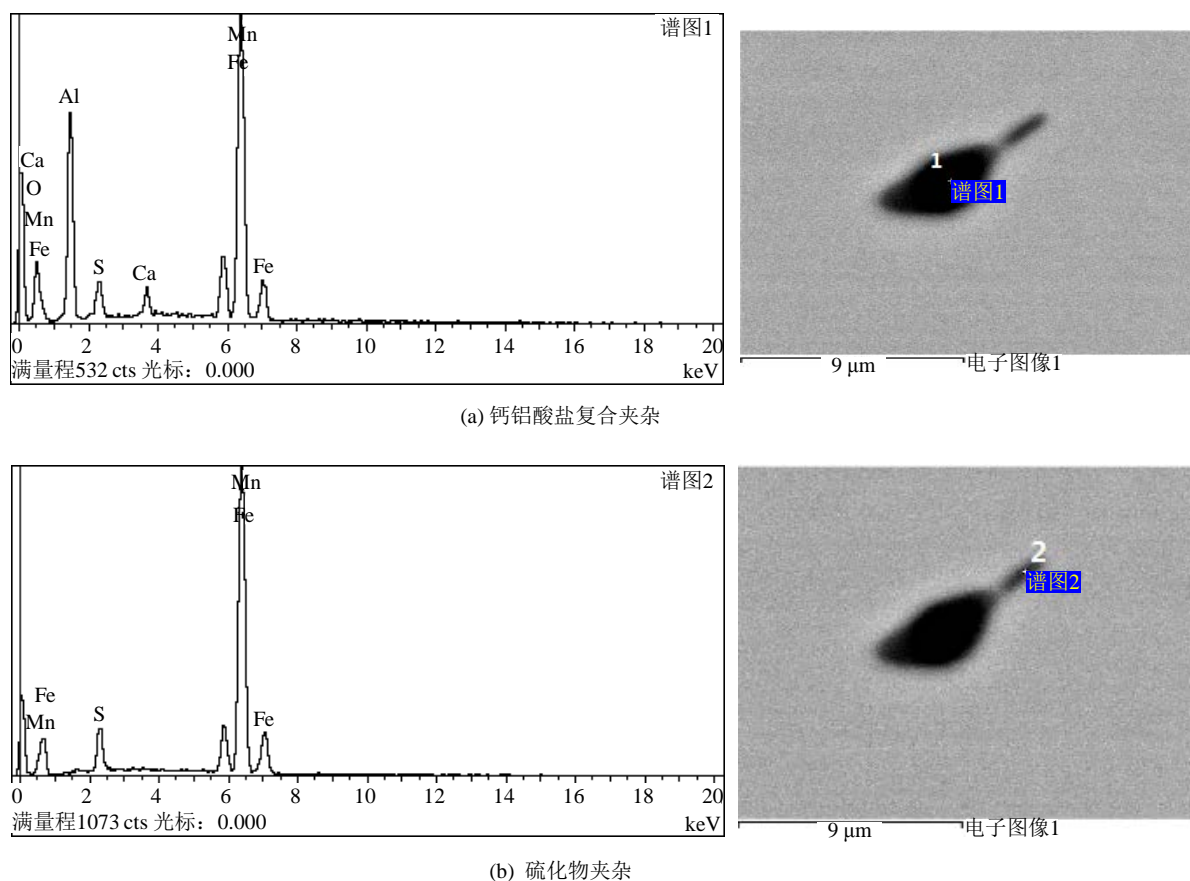


Figure 4. Spectral line pattern and stereoscan photograph of inclusion after refining
图 4. 精炼后钢样的夹杂形主要形貌及其成分

谱 1 可知, 视场中夹杂物 1 为 Ca-Al-S 的复合夹杂物, 而从图谱 2 可知, 较小的夹杂物 2 则为硫化物夹杂, 从形貌图中可以看出这就是钢中硫化物夹杂在精炼渣处理过程与渣中的钙铝酸盐结合形成复杂夹杂物上浮的过程。钢中的细小夹杂物, 在适当的条件下与精炼渣结合变性为尺寸较大, 熔点低且更易上浮的夹杂物, 进而达到去夹杂的目的。

4. 结论

1) 随着二元碱度的增加, 脱硫率总体呈增加趋势, 当二元碱度为 12 时脱硫率最高, 达到 70% 以上。

2) 本实验中铝矾土替代萤石脱硫有量好的效果。在一定范围内, 铝矾土的加入有利于化渣, 可以促进脱硫反应的进行; 但铝矾土加入量过多会使渣中氧化铝含量升高, 自由氧化钙含量降低, 降低渣系的脱硫相率。因此为了利于化渣又不影响脱硫的效果, 要控制铝矾土的加入量, 不宜过多。

3) 对比精炼前后钢中典型夹杂物的种类和形貌可以发现实验精炼渣对于硫化物夹杂的变性以及夹杂物的上浮和去除有很好的效果。

参考文献 (References)

- [1] 耿涛, 邹长东, 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.
- [2] 俞林. 铝矾土精炼造渣试验研究[M]. 西昌: 攀钢集团西昌钢钒有限公司炼钢厂.
- [3] 姜周华, 李阳, 姜茂发, 等. 精炼渣成分对钢中夹杂物影响的实验研究[C]. 2003 年中国钢铁年会论文集, 222-

226.

- [4] 高泽平. 炉外精炼教程[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2011: 120-125.
- [5] 雷亚, 杨治立, 等. 炼钢学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010: 45-50.
- [6] 战东平, 姜周华, 王文忠, 等. CaO-Al₂O₃-CaF₂-MgO-SiO₂ 五元预熔渣系钢水深脱硫实验研究[J]. 炼钢, 2002, 18(6): 33.