

The Applications of the Calcium Silicon Alloy in 430 Stainless Steel during Smelting Process

Xingrun Chen

Stainless Steel Branch Office, Hongxing Iron & Steel Co., Ltd., Jiuquan Iron and Steel Group Corporation, Jiayuguan
Email: chenxingrun850204@126.com

Received: Jan. 16th, 2014; revised: Feb. 8th, 2014; accepted: Feb. 20th, 2014

Copyright © 2014 by author 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

Calcium silicon alloy was added into the liquid steel with steel flow after AOD refining, and the effect of the calcium silicon alloy on the steel quality was studied. The results show that adding calcium silicon alloy has a role of improving slag fluidity. The decreased value of total oxygen before and after AOD tapping is 6 ppm more than that of unused calcium silicon alloy, and the Cr_2O_3 content of slag after the steel tapping is down 0.07%. The inclusion type in the steel using calcium silicon alloy is mainly $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, and the inclusion size in the tundish is mostly 0 - 10 μm .

Keywords

430 Stainless Steel; Calcium Silicon Alloy; Inclusions

硅钙合金球在430不锈钢冶炼中的应用

陈兴润

酒钢集团宏兴股份不锈钢分公司, 嘉峪关
Email: chenxingrun850204@126.com

收稿日期: 2014年1月16日; 修回日期: 2014年2月8日; 录用日期: 2014年2月20日

摘要

在AOD出钢过程中随钢流加入硅钙合金球，研究硅钙合金球对430不锈钢钢水质量的影响。结果表明：硅钙合金球对改善AOD炉渣流动性有一定作用；使用硅钙合金球的炉次跟未使用的炉次相比，AOD出钢前后全氧的降低量大6 ppm，AOD出钢后炉渣中的 Cr_2O_3 含量低0.07%；使用硅钙合金球的炉次，钢水中夹杂物类型为 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ ，中包中夹杂物尺寸以0~10 μm 为主。

关键词

430不锈钢；硅钙合金球；夹杂物

1. 引言

影响 430 铁素体不锈钢性能的因素除化学成分、铁素体晶粒尺寸、晶体织构外，还有钢中的夹杂物。有关 430 不锈钢夹杂物控制的研究成果已在生产中获得大量应用[1]-[5]。以往主要在 LF 炉喂入硅钙线对钢液中的 $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ 尖晶石夹杂物进行钙处理，为此，存在生产成本高、操作困难和硅钙线易断的问题。随着市场竞争日益激烈，在 430 铁素体不锈钢的生产中要求既能提高工艺效果、确保质量水平，又能降低成本。本文采用在 AOD 出钢过程中随钢流加入硅钙合金球的方式，研究硅钙合金球对 430 不锈钢钢水质量的影响，以为现场生产提供理论指导。

2. 生产工艺

430 铁素体不锈钢冶炼以高炉铁水为原料，经过铁水罐脱磷、脱硅处理后，直接兑入 AOD 转炉进行冶炼。AOD 转炉采用 FeSi ($w(\text{Si}) = 77\%$)合金预脱氧，AOD 出钢过程中随钢流加入硅钙合金球进行终脱氧，每炉加入 100 kg，硅钙合金球的成分见表 1 所示。AOD 工序处理完毕后，送到 LF 进行精炼。LF 精炼过程加入一定量的 CaO 和 CaF_2 造渣，精炼渣二元碱度控制在 2.3~2.5 之间，底吹氩气量控制在 0.15~0.20 m^3/min 之间，当成分和温度达到要求后，将钢液运至连铸平台进行浇铸。430 铁素体不锈钢的成分见表 2 所示。

3. 试验方法

冶炼过程中，在 AOD 出钢前、AOD 出钢后和连铸中包取钢样，在 AOD 出钢后取渣样。对所取钢样进行全氧含量和夹杂物的检测与分析。分析方法如下：

- 1) 全氧含量测定。每个钢样在相同部位取一个试样，上下表面打磨后，冲小圆柱，测定 $\text{T}[\text{O}]$ 含量。
- 2) 夹杂物成分测定。将钢样切割、研磨、抛光，制成 15 mm × 15 mm 试样。通过扫描电镜能谱分析方法对夹杂物进行形貌观察，并分析夹杂物的成分。

分别取加硅钙合金球和不加硅钙合金球的 3 炉 430 不锈钢试样进行检测和分析。

4. 结果及分析

4.1. 对 AOD 炉渣流动性的影响

对加硅钙合金球和不加硅钙合金球 AOD 出钢后钢包中炉渣进行观察，如图 1 所示。从图中可以看出，加入硅钙合金球的炉次，AOD 出钢 10 分钟后观察，钢包内的炉渣比较松散，结成直径 2 厘米左右的球块状，无大的结块现象。不加硅钙合金球的炉次，钢包内的炉渣连成一片，有大的结块现象发生。

Table 1. Chemical composition of calcium silicon alloy (wt%)

表 1. 硅钙合金球成分(质量分数)%

元素	Al	Si	Ca	Fe
含量	1.38	23.48	22.08	7.07

Table 2. Chemical composition of 430 ferrite stainless steel (wt%)

表 2. 430 铁素体不锈钢化学成分(质量分数)%

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N
<0.045	0.30~0.40	0.30~0.40	<0.030	<0.003	<0.3	16.0~16.3	<0.04



Figure 1. The effect of calcium silicon alloy on slag fluidity; (a) Using calcium silicon alloy; (b) No-using calcium silicon alloy

图 1. 对炉渣流动性的影响; (a) 加硅钙合金球; (b) 不加硅钙合金球

4.2. 对 AOD 出钢前后全氧降低量和渣中 Cr_2O_3 含量的影响

AOD 出钢采用钢渣混出, 在出钢过程中 Si 的还原反应还在进行, 因此炉渣中 Cr_2O_3 含量和钢水中全氧含量都是一个降低的过程。不加硅钙合金球的炉次, AOD 出钢前后全氧降低量为 56 ppm, AOD 出钢后炉渣中 Cr_2O_3 含量为 0.58%。加硅钙合金球后, AOD 出钢前后全氧降低量多 6 ppm, AOD 出钢后炉渣中的 Cr_2O_3 含量低 0.07%, 具体见图 2 所示, 说明 AOD 出钢过程加硅钙合金球起到了一定深脱氧的作用。

4.3. 加硅钙合金球后夹杂物的成分

430 不锈钢 AOD 冶炼采用硅铁进行还原, 硅铁中含有一定量的 Al, Al 和钢水中的溶解 O 形成 Al_2O_3 夹杂物, 熔点较高, 不易被炉渣吸附, 导致后续产品线鳞缺陷的发生[4] [5]。加入硅钙合金球后, 钢液中夹杂物的成分见图 3 所示, 从图中可以看出, 夹杂物的类型为 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, 没有 Al_2O_3 和 $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ 尖晶石夹杂物的存在, 说明加入硅钙合金球可以起到钙处理的作用。加入硅钙合金球后, 钢水中会发生以下反应:



4.4. 加硅钙合金球后中间包中夹杂物的大小

加硅钙合金球后, 对连铸中间包中夹杂物的形貌进行分析, 如图 4 所示。从图 4 中可以看出, 所观察到的夹杂物都呈现为球状, 夹杂物尺寸都小于 15 μm , 满足 430 不锈钢钢水质量要求。

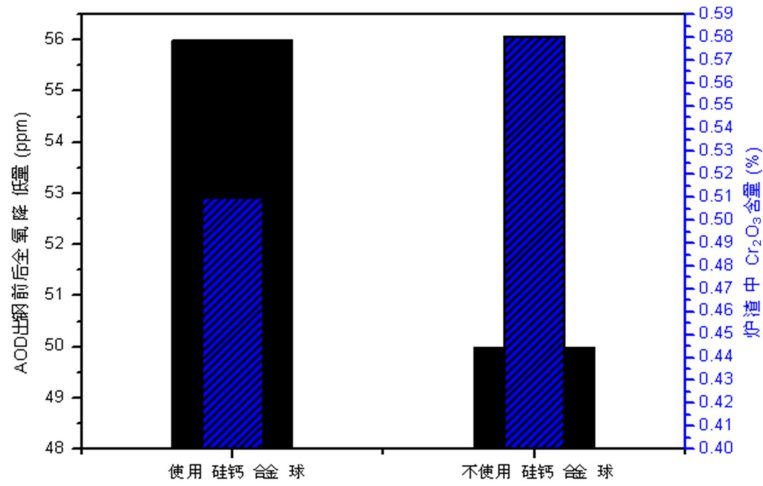


Figure 2. The effect of calcium silicon alloy on Cr₂O₃ content of slag and the total oxygen decreased value before and after AOD tapping

图 2. 使用硅钙合金球对渣中 Cr₂O₃ 含量和 AOD 出钢前后全氧降低量的影响

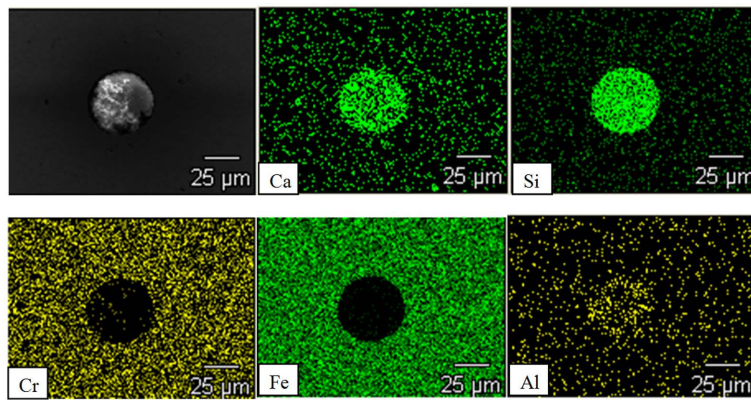


Figure 3. The inclusion type in the liquid steel using calcium silicon alloy

图 3. 加硅钙合金球后夹杂物的成分

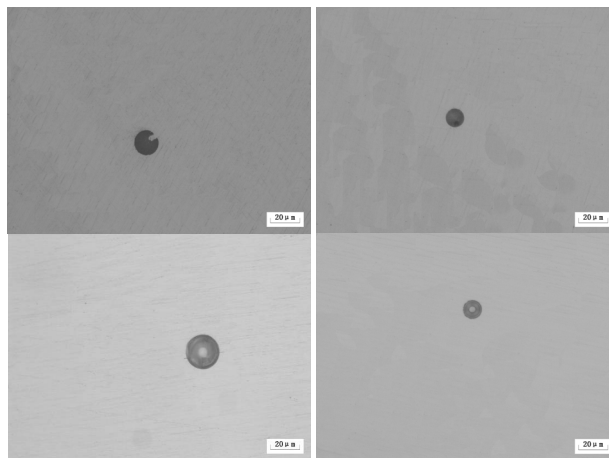


Figure 4. The inclusion morphology in the tundish using calcium silicon alloy

图 4. 加硅钙合金球后中间包中夹杂物的形貌

5. 结论

- 1) 硅钙合金球对改善 AOD 炉渣流动性有一定作用。
- 2) 使用硅钙合金球的炉次跟未使用的炉次相比, AOD 出钢前后全氧的降低量多 6 ppm, AOD 出钢后炉渣中的 Cr_2O_3 含量低 0.07%。
- 3) 使用硅钙合金球的炉次, 钢水中夹杂物类型为 $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, 中包中夹杂物尺寸都小于 15 μm , 满足 430 不锈钢钢水质量要求。

参考文献 (References)

- [1] 黄宗泽, 池和冰, 李双江, 等 (2011) SUS430 不锈钢夹杂物的变化规律研究. *宝钢技术*, **1**, 6-10.
- [2] 李阳, 李伟坚, 姜周华, 等 (2009) 复合脱氧剂对 430 不锈钢脱氧行为的影响. *北京科技大学学报*, **12**, 100-103.
- [3] Mapelli, C. and Nolli, P. (2003) Formation mechanism of non-metallic inclusions in different stainless steel grades. *ISIJ International*, **43**, 1191-1199.
- [4] 付邦豪, 陈超, 成国光, 等 (2012) 430 不锈钢冶炼过程的夹杂物. *钢铁*, **1**, 40-43.
- [5] Young Jo, K., Fan, L., Kazuki, M., et al. (2006) Mechanism study on the formation of liquid calcium aluminate inclusion from $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ spinel. *Steel Research International*, **77**, 785-792.