

中间包覆盖剂的碱度对铁素体不锈钢冶金质量的影响

王伟¹ 张润平¹ 任国¹ 杨瑞军¹ 白晋钢²
(太钢不锈钢股份有限公司 1 炼钢二厂; 2 技术中心, 太原 030003)

摘要 针对出现的430、0Cr13R、409等铁素体不锈钢冷轧板夹杂缺陷,研究了中间包覆盖剂的碱度(1.10~5.98)对钢的洁净度的影响,分析了R=5.98高碱度中间包覆盖剂在浇铸过程中碱度、Al₂O₃和SiO₂含量的变化。结果表明,在连铸过程中R=5.98高碱度中间包覆盖剂用原渣的R=5.98降至R=3.0,高碱度中间包覆盖剂具有良好的吸收钢中夹杂能力,对钢液的供氧能力弱,能够显著改善钢的洁净度。

关键词 铁素体不锈钢 中间包覆盖剂 高碱度 夹杂物 洁净度

Effect of Basicity of Tundish Covering Flux on Metallurgy Quality of Ferrite Stainless Steel

Wang Wei¹, Zhang Runping¹, Ren Guo¹, Yang Ruijun¹ and Bai Jingang²
(1 No2 Steelmaking Plant, 2 Technology Center, Taigang Stainless Steel Co Ltd, Taiyuan 030003)

Abstract In accordance with inclusion defects occurred on cold rolled sheet of 430, 0Cr13R, 409 etc. ferrite stainless steels, the effect of basicity (1.10~5.98) of tundish covering flux on cleanliness of steel is studied, and the change of basicity, Al₂O₃ and SiO₂ content in tundish covering flux with basicity R=5.98 during casting process is analyzed. Results show that in casting process, the basicity R=5.98 of high basicity tundish covering flux decreases from original flux R=5.98 to R=3.0, the high basicity tundish covering flux has excellent ability to absorb the inclusions in steel and has low ability of transport oxygen to liquid steel, the high basicity flux can remarkably improve cleanliness of steel.

Material Index Ferrite Stainless Steel, Tundish Covering Flux, High Basicity, Inclusions, Cleanliness

1 试验方法

由于精炼技术的发展,中间包冶金可有效地提高钢的洁净度^[1-4]。随着进一步要求提高钢水的洁净度,中间包覆盖剂在一定程度上成为去除钢中夹杂物的限制性环节,因此针对430、0Cr13R、409、443等钢种,在中间包容量为20 t,200 mm×(1 020~1 320)mm铸坯,0.95~1.05 m/min工艺条件下进行中间包覆盖剂碱度试验。

对比当前使用低碱度的中间包覆盖剂,分析两种中间包覆盖剂对钢中成分的影响,得到两种中间包覆盖剂对钢水的供氧能力。两种覆盖剂的原渣成分如表1所示。

2 试验结果与分析讨论

2.1 高碱度中间包覆盖剂碱度变化

中间包在钢水浇铸过程熔渣化学成分分析如

表1 中间包覆盖剂原渣成分
Table 1 Ingredient of tundish covering powder

渣类	组分/%							R
	MgO	P	SiO ₂	CaO	MnO	S	Al ₂ O ₃	
高碱度渣	5.15	0.020	8.33	49.84	0.05	0.18	21.17	5.98
低碱度渣	5.06	0.022	38.54	42.56	0.04	0.22	6.35	1.10

表2 高碱度中间包覆盖剂连铸过程渣样分析结果

Table 2 Analysis results of high basicity slag sample of tundish covering flux during casting process

序号	成分/%						R = $\frac{CaO}{SiO_2}$	浇铸钢水/t
	MgO	SiO ₂	Cr ₂ O ₃	CaO	MnO	Al ₂ O ₃		
1	8.67	9.40	0.33	42.61	<0.1	29.32	4.53	60
2	8.71	13.26	0.25	41.11	<0.1	28.05	3.10	135
3	9.27	13.55	0.21	40.75	<0.1	28.93	3.01	150
4	8.91	9.61	0.30	42.29	<0.1	27.06	4.40	170
5	9.31	11.83	0.33	41.48	<0.1	28.98	3.51	300
6	9.53	12.65	0.40	41.08	<0.1	28.92	3.25	360

表2所示。将原渣和使用后的中间包覆盖剂碱度进行对比分析,其变化趋势如图1(a)所示。

从图1(a)可以看出,浇铸过程中,中间包覆盖剂碱度由原渣的5.98逐渐降低,但是浇铸135 t至150 t钢水时,碱度变化平缓,随着在浇铸钢水170 t时碱度又升高,此时是由于中间包内覆盖剂变薄,又加入了两袋新渣,导致碱度升高。在随后的过程中碱度又随之下降,直至浇铸结束。

2.2 高碱度中间包覆盖剂吸附夹杂物的能力

由图1(b,c)可以看出,随着浇铸过程的进行,渣中的Al₂O₃含量-(Al₂O₃)由原渣中的21.75%增加到29.32%。渣中的SiO₂含量-(SiO₂)由原渣中的

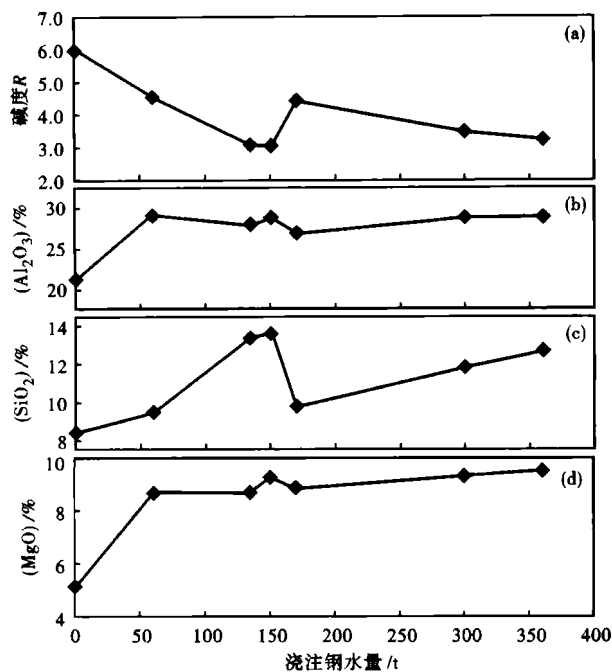


图 1 浇铸过程中间包覆盖剂碱度 $R = (\text{CaO})/(\text{SiO}_2)$ (a)、 (Al_2O_3) (b)、 (SiO_2) (c) 和 (MgO) (d) 的变化

Fig. 1 Change of basicity $R = (\text{CaO})/(\text{SiO}_2)$ (a), (Al_2O_3) (b), (SiO_2) (c) and (MgO) (d) in tundish covering flux during casting

8.33% 上升至 12% 左右。过程中有降低,是因为加入新的覆盖剂的原因,可以看到,碱度高的覆盖剂利于吸收钢中的 Al_2O_3 和 SiO_2 夹杂物。

此外从表 3 可以看到,使用高碱度中间包覆盖剂,钢中的铝含量- $[\text{Al}]$ 平均损失为 0.008 7%,而使用低碱度中间包覆盖剂, $[\text{Al}]$ 平均损失为 0.002 9%,这是因为高碱度的中间包覆盖剂对夹杂的吸附能力较强,会使钢中 Al_2O_3 夹杂上浮到渣中,使 $[\text{Al}]$ 减少,而在低碱度渣中,由于渣中 SiO_2 含量较高,会使渣钢界面发生 $[\text{Al}]_s + (\text{SiO}_2) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + [\text{Si}]$ 反应^[5],同时在低碱度覆盖剂中,吸附夹杂能力较弱,会导致使用低碱度渣时 $[\text{Al}]$ 损失较少,同时会使钢中的氧含量- $[\text{O}]$ 增加。

2.3 中间包覆盖剂的氧化性分析

从表 3 钢中的硅含量- $[\text{Si}]$ 变化看来,从 LF 到

CCM 过程钢中增加的 Si 含量- $\Delta[\text{Si}]$ 可见,使用高碱度中间包覆盖剂时平均 $\Delta[\text{Si}]$ 为 -0.006 2%,而在使用低碱度中间包覆盖剂时 $\Delta[\text{Si}]$ 为 -0.002 6%。由此可知,使用高碱度的中间包覆盖剂时的 $\Delta[\text{Si}]$ 要比低碱度的中间包覆盖剂时 $\Delta[\text{Si}]$ 要低,使用高碱度的 $\Delta[\text{Si}]$ 比低碱度的 $\Delta[\text{Si}]$ 平均值低 0.003 6%,这是由于在低碱度的渣中 SiO_2 含量- (SiO_2) 比较高,在钢-覆盖剂界面处,促使钢中的 $[\text{Al}]_s$ 发生反应 $[\text{Al}]_s + (\text{SiO}_2) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + [\text{Si}]$ 的进行,使得在中间包钢液中的 Si 含量- $[\text{Si}]$ 增加,同时也使 $[\text{O}]$ 增加,导致钢中的夹杂物 Al_2O_3 的增加。由表 3 可以看到,使用高碱度的覆盖剂时钢中的 Cr 含量- $[\text{Cr}]$ 的损失要比使用低碱度渣时 $[\text{Cr}]$ 损失少一些,说明低碱度的覆盖剂向钢中供氧能力要比高碱度的渣强。

2.4 覆盖剂中 MgO 含量的变化

由图 1(d) 可以看出,随着浇铸过程的进行,中间包覆盖剂中 MgO 含量原渣为 5.15%,浇铸结束增至 9.53%。这是由于中间包工作层是以 MgO 为基料的碱性中间包涂抹料,中间包覆盖剂对包衬侵蚀所致。

3 结论

(1) 高碱度(原渣碱度 $R = 5.98$) 中间包覆盖剂在连铸过程中,碱度由原渣中的 5.98 变为 3 左右。

(2) 高碱度中间包覆盖剂供氧能力相对较弱,并有显著的吸收夹杂物的能力,能够提高钢液的纯净度。

(3) 钢液对中间包碱性耐火材料冲刷,使得覆盖剂中的 MgO 含量略微升高。

参考文献

[1] 张立峰,许中波,朱立新,等. 连铸中间包钢水的清洁度[J]. 钢铁研究学报,1998,10(2):9-13.
 [2] 王 妍,陈荣欢,朱立新,等. 碱性中间包覆盖剂对中间包钢水洁净度的影响[J]. 宝钢技术,2004(3):36-39.
 [3] 杨伶俐,包燕平,刘建华,等. 连铸中间包覆盖剂冶金效果分析[J]. 炼钢,2007,23(2):34-37.
 [4] 李仙华,张铁军,李春龙,等. 连铸中间包覆盖剂研究[J]. 炼钢,2000,16(2):31-34.
 [5] 蔡开科. 连铸坯质量控制[M]. 北京:冶金工业出版社,2010:98-100.

表 3 LF 到 CCM 实验钢中元素含量的变化 / %
 Table 3 Variation of elements in steel during process from LF to concasting / %

覆盖剂碱度	$R = 1.10$	$R = 5.98$
$\Delta[\text{Al}]$	0.002 9	0.008 7
$\Delta[\text{Si}]$	-0.002 6	-0.006 2
$\Delta[\text{Cr}]$	0.046	0.020

注: $\Delta[\text{Al}] = \text{LF}_{[\text{Al}]} - \text{CCM}_{[\text{Al}]}$, $\Delta[\text{Cr}] = \text{LF}_{[\text{Cr}]} - \text{CCM}_{[\text{Cr}]}$, $\Delta[\text{Si}] = \text{CCM}_{[\text{Si}]} - \text{LF}_{[\text{Si}]}$

王 伟(1984-),男,硕士,北京科技大学毕业,不锈钢连铸质量研究. E-mail:wangweiyj0402@163.com

收稿日期:2012-12-26