重轨钢精炼渣与夹杂物相关性研究*

张怀军[1],韩春鹏[1],刘 南[2]

(1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司炼钢厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 针对重轨钢的生产工艺情况,研究精炼渣与夹杂物相关性,分析精炼渣化学成分、碱度、氧化性等对钢中夹杂物大小、形貌、类别等的影响。研究表明精炼渣碱度R控制在2.0~2.5,氧化性控制在0.6%左右,生成单颗粒夹杂物尺寸大于50 μm所占的比例减小。

关键词: 重轨钢; 精炼渣; 夹杂物
中图分类号: TF769 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2020)05-0001-04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.05.001

Study on Pertinence of Refining Slag and Inclusions of Rail Steel

Zhang Huai-jun[1], *Han Chun-peng*[1], *Liu Nan*[2]

(1. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Steel-making Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The pertinence of refining slag and inclusions is investigated as well as the influences of chemical composition, basicity and oxidizability of refining slag on size, morphology and category of inclusions in steel are analyzed based on the production process of rail steel. The results showed that the proportion of single particle inclusions with the size bigger than 50 μm decreased when the basicity of refining slag R was controlled at 2.0~2.5 and oxidizability of refining slag was controlled at about 0.6%.

Key words: rail steel; refining slag; inclusions

炉渣对钢液洁净度有着非常重要的影响,其作用主要有提高脱氧元素的脱氧能力,吸收钢中的非金属夹杂物,防止钢液的二次氧化生成FeO、MnO和SiO_2[1-2]。钢液精炼过程中,合理的精炼渣成分起到了吸附去除钢中夹杂物的作用,所以有必要深入研究精炼渣的冶金性能[3]。

针对重轨钢LF精炼过程的精炼渣特性,开展精炼渣对夹杂物形态、分布影响的研究,结合炼钢工艺自身脱氧及合金化特点,研究开发适宜的精炼渣,以此建立一套完善的高品质钢精炼工艺制度。

1 重轨钢生产工艺流程

本试验重轨钢碳含量为0.71%~0.80%,硅含量为0.50%~0.80%,具体化学成分见表1。转炉出钢采用无铝脱氧,脱氧剂为硅钙钡。重轨钢生产工艺流程为高炉→KR脱硫→转炉→LF炉→VD炉

* **收稿日期**: 2020-05-29
作者简介: 张怀军(1968-),男,河北省蛟河县人,硕士,正高级工程师,现从事炼钢工艺研究工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

→大方坯连铸。

表1 重轨钢化学成分(质量分数) %

元素	C	Si	Mn	P	S	V
下限	0.71	0.50	0.75			0.04
上限	0.80	0.80	1.05	0.030	0.025	0.12

2 精炼渣的作用

LF精炼渣的基础渣一般选$CaO-SiO_2-Al_2O_3$系三元相图中低熔点位置的渣系。基础渣最重要的作用是控制渣的碱度,在精炼过程中更好地脱氧、脱硫。LF精炼渣的主要作用有:维持钢水的温度,去除钢液中的氧和硫,提高热效率并保护钢包内衬,吸收夹杂物,净化钢液,阻隔空气,防止空气中气体被钢液吸入。精炼渣是由多种不同的单个氧化物组成,分为有铝、无铝渣系。一般要求具有合适的熔点和黏度,以提高精炼渣的流动性,达到脱硫、脱氧和去除夹杂物的冶金效果[4-6]。

3 LF精炼渣系与夹杂物的相关性

3.1 LF精炼渣系化学成分

针对重轨钢的生产情况,取样并分析精炼渣系的化学成分。表2为重轨钢精炼渣成分分析结果。由表2可知,LF精炼离位时氧化性范围为0.5%~0.81%,平均为0.58%,碱度范围为1.60~2.26,平均为2.03,Al_2O_3含量范围为2.90%~4.81%,平均为4.16%。

表2 重轨钢精炼渣成分

序号	LF精炼渣系化学成分(质量分数)/%								氧化性	碱度
	Al_2O_3	CaO	FeO	MgO	MnO	S	SiO_2	TFe	w(FeO+MnO)/%	w(CaO)/w(SiO_2)
1	3.91	49.80	0.81	8.18	0.18	1.18	25.76	0.84	0.99	1.93
2	4.56	49.67	0.64	9.34	0.32	0.66	26.79	1.40	0.96	1.85
3	4.14	47.35	0.72	10.28	0.37	0.41	29.55	0.84	1.09	1.60
4	4.21	53.33	0.54	7.84	0.10	0.99	24.94	<0.50	0.64	2.14
5	2.90	52.26	0.50	10.14	0.10	1.10	23.17	<0.50	0.60	2.26
6	4.71	53.28	0.50	6.17	0.10	1.00	25.66	<0.50	0.60	2.08
7	4.61	52.35	0.50	6.67	0.10	1.03	23.83	<0.50	0.60	2.20
8	3.10	54.33	0.50	4.93	0.10	0.96	24.77	<0.50	0.60	2.19
9	4.66	53.31	0.50	5.50	0.10	1.19	25.12	<0.50	0.60	2.12
10	4.81	50.96	0.54	7.32	0.13	1.15	26.37	<0.50	0.67	1.93
11	3.91	49.80	0.81	8.18	0.18	1.18	25.76	0.84	0.99	1.93

3.2 钢中夹杂物的大小、形态及分布

采用金相显微镜观察钢样中夹杂物的情况,包括大小、形貌、类别等,并采用扫描电镜观察典型夹杂物的组成。表3为重轨钢中夹杂物情况。

表3 重轨钢中夹杂物情况

序号	工位	<10 μm		10~20 μm		20~50 μm		>50 μm		合计
		数量/个	比例/%	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%	数量/个	比例/%	
1	就位	72	71.29	16	15.84	11	10.89	2	1.98	101
	离位	42	65.63	15	23.44	6	9.38	1	1.56	64
2	就位	40	70.18	5	8.77	8	14.04	4	7.02	57
	离位	65	76.47	11	12.94	8	9.41	1	1.18	85
3	就位	55	69.62	14	17.72	7	8.86	3	3.80	79
	离位	62	80.52	3	3.90	10	12.99	2	2.60	77
4	就位	43	53.75	16	20.00	16	20.00	5	6.25	80
	离位	23	60.53	9	23.68	4	10.53	2	5.26	38
5	就位	84	69.42	23	19.01	13	10.74	1	0.83	121
	离位	32	69.57	6	13.04	8	17.39	0	0	46

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

由表 3 数据计算可知，精炼就位时钢样中平均夹杂物数量为 88 个，精炼离位时钢样中平均夹杂物数量为 62 个，通过精炼工序夹杂物总数降低，大颗粒夹杂物和小颗粒夹杂物的数量都减少；精炼就位时钢样中大于 50 μm 夹杂物的比例为 3.97%，精炼离位时钢样中大于 50 μm 夹杂物的比例为 2.12%，大颗粒夹杂物的比例减少。通过观察发现 LF 精炼前后夹杂物的形状绝大多数为 Ds 单颗粒球状夹杂物。

图 1 为 LF 就位时钢样中主要的夹杂物类型，图 2为 LF 离位时钢样中主要的夹杂物类型。由图 1、图 2 可知，重轨钢 LF 精炼前后夹杂物以单颗粒 Ds 球状夹杂物为主。LF 精炼就位夹杂物主要是脱氧产物，类型以 Al、Si、Ca、Ba、Mn 的氧化物为主，LF 精炼离位夹杂物类型为 Al、Si、Ca、Mg 的氧化物，部分含有少量的硫化物。

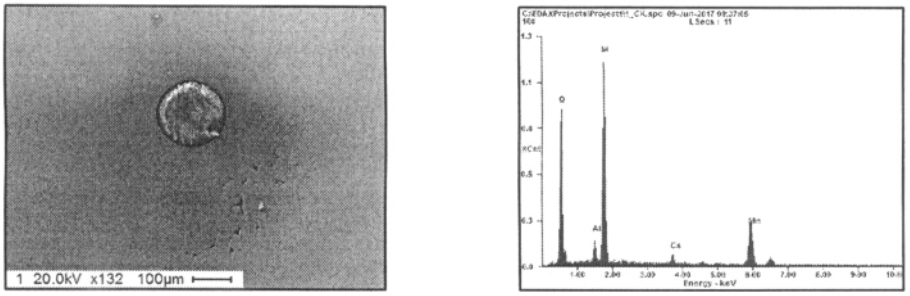


图 1　LF 就位时钢样中主要的夹杂物

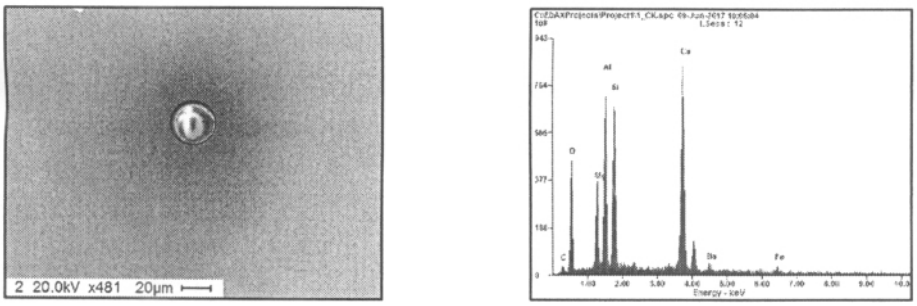


图 2　LF 离位时钢样中主要的夹杂物

3.3　精炼渣对钢中夹杂物的影响

针对重轨钢的生产情况，对比分析 LF 离位精炼渣的碱度、氧化性等对钢中夹杂物的影响。

LF 精炼渣系 Al_2O_3 含量为 1.05%，氧化性为 0.6% 左右时，碱度分别为 1.93、2.26。图 3 是夹杂物尺寸与渣系碱度的关系。由图 3 可知，随着 LF 精炼渣系碱度的提高，生成单颗粒夹杂物尺寸大于 50 μm所占比例减小，但是生成单颗粒夹杂物尺寸小于 10 μm 的所占比例增加。碱度提高有利于渣吸收夹杂物，减小了钢中夹杂物的尺寸。

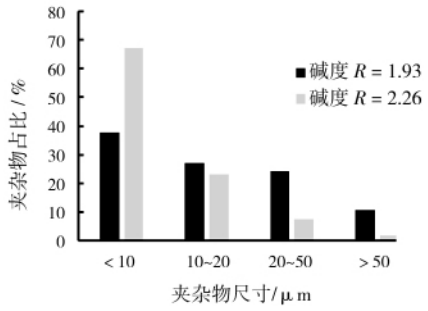


图 3　精炼渣系碱度对夹杂物尺寸的影响

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

LF 精炼渣系碱度为 2.1，渣中 Al_2O_3 含量为 1.38%左右。图 4 是夹杂物尺寸与渣氧化性的关系。由图 4 可知，随着 LF 精炼渣系渣氧化性的增加，生成单颗粒夹杂物尺寸大于 50 μm 所占比例增加，生成单颗粒夹杂物尺寸小于 10 μm 的所占比例减少。

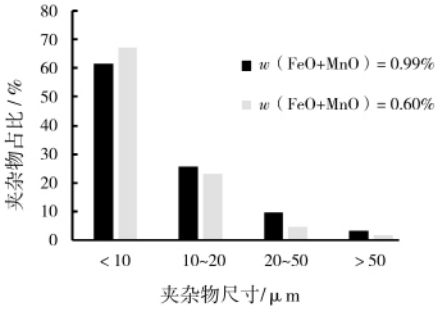


图 4 精炼渣氧化性对夹杂物尺寸的影响

4 结论

（1）重轨钢 LF 精炼渣系碱度在 2.0～2.5，氧化性在 0.6%左右，生成单颗粒夹杂物尺寸大于 50 μm 所占的比例减小。

（2）随着 LF 精炼渣系碱度的降低，氧化性、Al_2O_3 含量的提高，重轨钢中生成单颗粒夹杂物尺寸大于 50 μm 所占的比例增加，生成单颗粒夹杂物尺寸小于 10 μm 的所占比例减少。

参 考 文 献

[1] 唐磊. 精炼渣系对重轨钢及轴承钢洁净度的影响[D]. 沈阳: 东北大学，2015.

[2] 干勇，姜起华，张如斌，等. 炼钢—连铸新技术800问[M]. 北京: 冶金工业出版社，2001.

[3] 康旭，战东平，杨永坤，等. 高铝精炼渣对重轨钢中夹杂物的影响[J]. 材料与冶金学报，2019，18(4)：237－241.

[4] 齐江华，吴杰，索进平，等. 高速重轨钢的脱氧与夹杂物控制[J]. 钢铁，2011，46(3)：18－21.

[5] 周壹平，严学模，战东平，等. 我国重轨钢冶炼技术的发展[J]. 材料与冶金学报，2004，3(2)：83－89.

[6] 李春龙，刘平，智建国，等. 重轨钢连铸技术的开发应用[J]. 钢铁，2004，39(12)：26－29.

关于《包钢科技》2018 年增设“专家论坛”栏目的启示

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.05.002

《包钢科技》是经国家科技部和国家新闻出版广电总局批准，由包头钢铁(集团)有限责任公司主管，内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心主办的科技类综合性刊物。45 年来，《包钢科技》刊物质量和学术影响力不断提高，已成为展示包钢科技进步、创新成果的重要窗口和交流平台。为加强办刊特色，丰富栏目内容，《包钢科技》2018 年开始增设“专家论坛”栏目，邀请公司内外学术与管理方面的权威、专家学者在期刊上发表论文。一般为特约稿件，包括省内外各学科的院士、知名专家、各学会会长、各大专院校的校长或在某专业、学科方面有特殊贡献的专家、教授撰写的学术论文。《包钢科技》真诚期待您在百忙之中赐稿，为技术人员提供指导，不断提高期刊影响力，促进技术传承，使《包钢科技》期刊进入更好更健康的发展轨道。

感谢大家对《包钢科技》给予的大力支持!

联系地址: 内蒙古包头市昆区包钢技术中心信息研究所

邮政编码: 014010

联系人: 安琪

联系电话: 0472－2666065　0472－2663081

传真: 0472－2663081

投稿途径(任选其一)：

(1) 包钢协同平台: 技术中心——信息研究所——安琪;

(2) E－mail: bgkj2005@126.com

《包钢科技》编辑部

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net