

中间包二次氧化对铝脱氧钙处理钢夹杂物的影响

杨光维*, 陈兆平

宝山钢铁股份有限公司, 上海 201900

Influence of Reoxidation in Tundish on Inclusion for Ca Treated Al-killed Steel

Yang Guangwei*, Chen Zhaoping

Baoshan Iron & Steel Co., LTD., Shanghai 201900, China

1. 前言

中间包环节对钢水洁净度起着非常重要的作用^[1-3]。在过去的几十年里,为进一步提高钢的洁净度,进行了大量有意义的研究,例如调整中间包覆盖剂成分^[4-5]、优化中间包流场^[6]、使用中间包过滤器^[7-8]和气幕挡墙^[9-14],旨在最大限度地去除夹杂物。然而,中间包也是容易发生二次氧化的地方。严重的二次氧化会导致钢水污染和水口堵塞,影响稳定生产和产品质量及性能。引起中间包二次氧化因素较多,包括氧化性钢包渣卷入、注流区吸气、中间包耐材对钢水的氧化等。目前,关于二次氧化负面影响的研究有很多,主要集中在对钢水成分的影响,如[Al]s、N、T.O,对铸坯和轧材夹杂物影响的报道较少。

2. 实验过程

本研究钢种为铝脱氧钙处理厚板钢,炼钢工艺路径为转炉-LF-RH-连铸。研究炉次为浇次第一炉。对RH真空处理不同时间、中间包、铸坯、轧板进行了取样。夹杂物分析由自动扫描电镜 ASPEX PSEM EXPLORER 完成。夹杂物统计尺寸为 $\geq 1\mu\text{m}$ 。轧板扫描面积为 750mm^2 ,其余为 100mm^2 。

3. 结果与分析

图1给出了不同阶段夹杂物组成。在CaO-MgO-Al₂O₃三元图中,每个空心圆圈代表一个夹杂物,填充的正方形代表所有夹杂物的平均成分。图中黑色实线为1873K液相线,由Thermo Calc计算得到。可以看出,RH处理后的夹杂物主要是低熔点铝酸钙和少量MgO,中间包到轧板变成了富含Al₂O₃的高熔点铝酸钙。

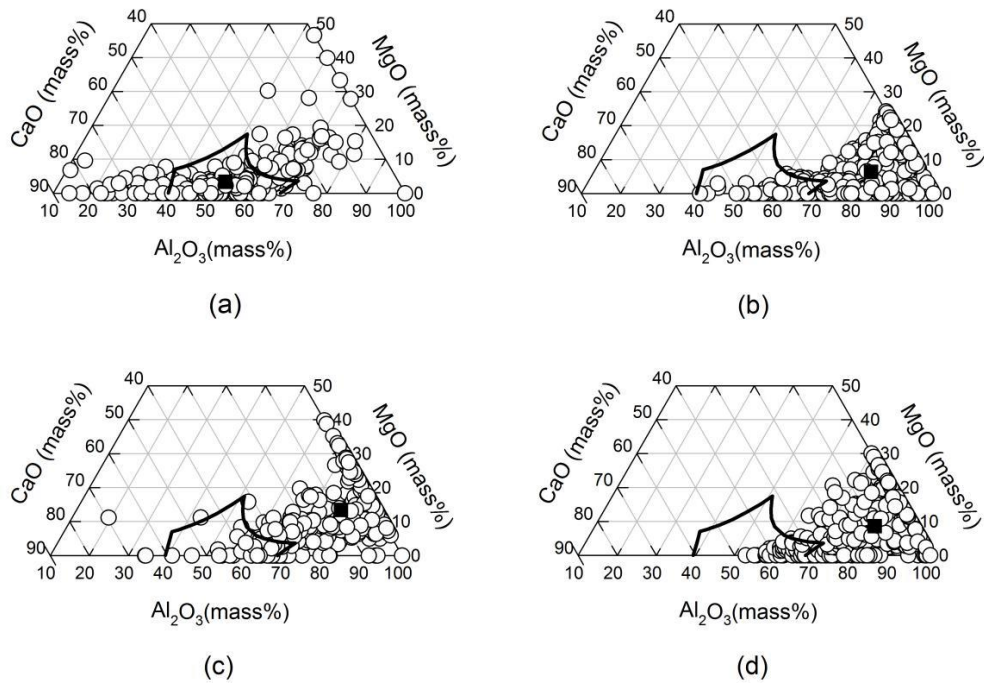


图 1 不同阶段钢中夹杂物(a)RH 结束、(b)中间包、(c) 铸坯、(d)轧板

Fig. 1 Change of composition distribution of inclusions. (a) RH out, (b) Tundish, (c) Slab, (d) Plate.

图 2 给出了不同阶段钢中夹杂物平均 $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 。可以看出, RH 处理后 $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为 0.86, 位于 C_{12}A_7 和 CA 之间。中间包、板坯和轧板 $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为 0.16、0.12、0.12, 位于 CA_6 和 CA_2 之间。

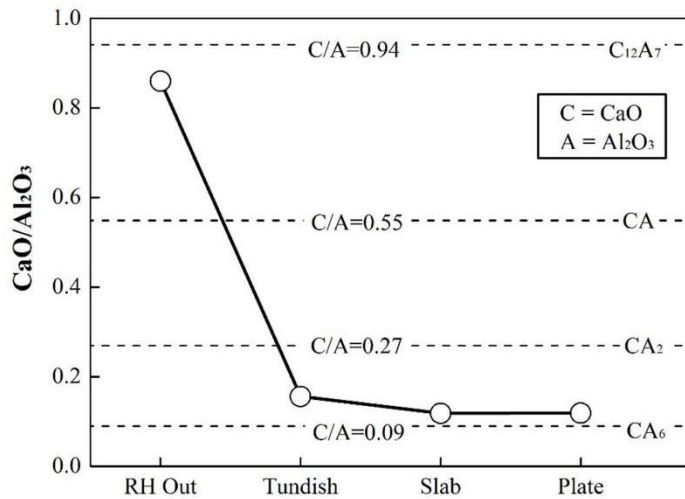


图 2 不同阶段钢中夹杂物平均 $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 变化

Fig.2 Change of average $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ in inclusions.

图 3 给出了轧板探伤不合缺陷位置分布。可以看出, 缺陷主要位于板厚的 $1/2$ 和 $1/4$ 处。图 4 给出了典型缺陷形貌。缺陷主要是长条状夹杂物, 图 4 (a)、图 4 (b) 所示缺陷总长度分别为 $1070\mu\text{m}$ 和 $465\mu\text{m}$ 。经电镜分析, 缺陷处夹杂物成分位于 CA_6 和 CA_2 之间, 是铸坯中大尺寸聚集状夹杂物经过轧制变成的产物。

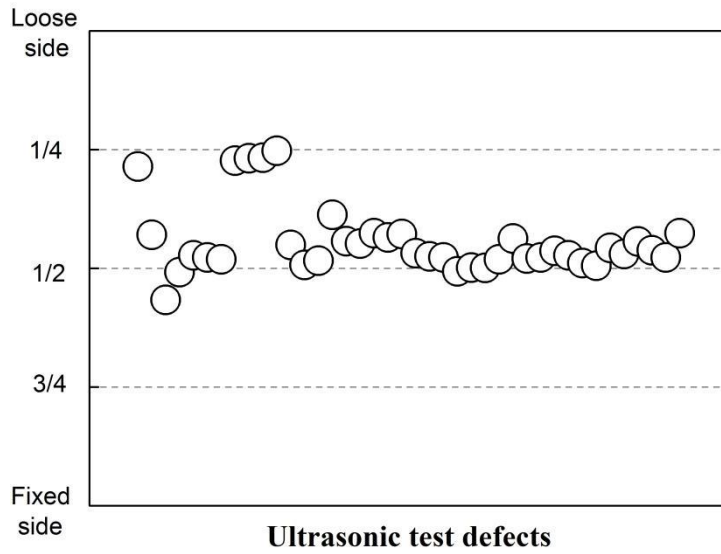


图 3 轧板探伤不合缺陷位置分布

Fig.3 Distribution of ultrasonic test defects along the plate thickness.

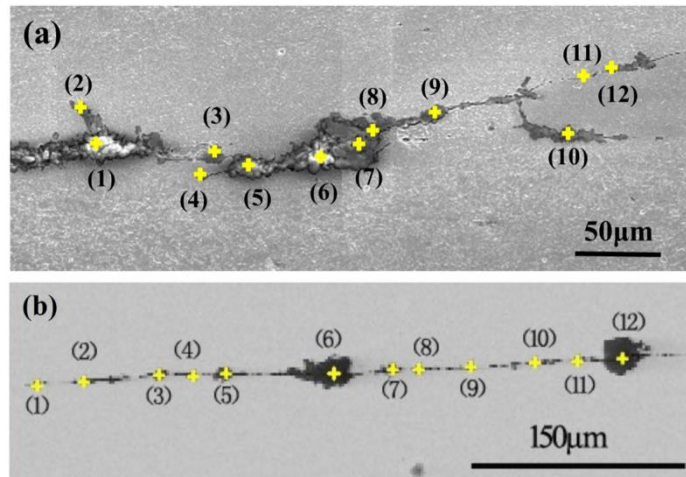


图 4 探伤不合位置缺陷形貌

Fig.4 Morphology of part of long stringer-shaped inclusions.

4. 结论

本研究采用 ASPEX PSEM EXPLORER 自动扫描电镜研究了中间包二次氧化对全流程夹杂物的影响。根据实验结果和分析，得出以下结论：

- (1) 中间包二次氧化导致钢中夹杂物由液态铝酸钙变为高 Al_2O_3 的固态铝酸钙。
- (2) 超声波检测发现轧板探伤不合缺陷主要位于板厚的 1/2 和 1/4 处。缺陷主要是长条状高氧化铝铝酸钙夹杂物，长度可达 1mm，是铸坯中大尺寸聚集状夹杂物经轧制生成的产物。

参考文献

- [1] A. McLean, 71st Steelmaking Conference; Toronto; Canada; 17-20 Apr, 1988: 3.
- [2] J. van der Stel, M. C. M. Cornelissen, B. Deo. Developments in Ladle Steelmaking and Continuous Casting, Hamilton, Ontario; Canada, 26-29 Aug, 1990, 218.
- [3] R. I. L. Guthrie. Metallurgical and Materials Transactions B: Process Metallurgy and Materials Processing Science, 35B(2004): 417.
- [4] N. Bessho, H. Yamasaki, T. Fujii. ISIJ International, 32(1992): 157.
- [5] L. Holappa, M. Kekkonen, S. Louhenkilpi. steel research international,(2013): n/a.
- [6] Q. L. He, J. Herbertson, P. A. Whitehouse. 1st European Conference on Continuous Casting. Florence; Italy; 23-25 Sept. 1991, 2: 163.
- [7] K. Raiber, P. Hammerschmid, and D. Janke. ISIJ International, 35(1995): 380.
- [8] K. Umezawa and Y. Nuri. Tetsu-to-Hagane, 75(1989): 1829.
- [9] W.-X. Feng, W.-Q. Chen, and J.-Z. Zhao. Journal of University of Science and Technology Beijing, 32(2010): 425.
- [10] L. Zhong, L. Li, B. Wane. steel research international, 77(2006): 103.
- [11] J. P. Rogler, L. J. Heaslip, and M. Mehrvar. Canadian Metallurgical Quarterly, 43(2004): 407.
- [12] E. Koch, A. Niedermayr, H. P. Narzt. Berg- und Huttenmannische Monatshefte, 140(1995): S470.
- [13] K. Nakajima and M. Kawasaki. Tetsu-to-Hagane, 80(1994): 611.
- [14] C. Marique, A. Dony, and P. Nyssen. Iron and Steel Society, Tundish Metallurgy. Vol. II (USA), 1991, 49.