

济钢浇铸低碳高铝钢时水口堵塞的防范措施

高靖超

济南钢铁集团总公司第三炼钢厂 济南 250101

摘要 分析了低碳高铝钢在连铸过程中浸入式水口堵塞的基本原因,论述了解决水口堵塞的可行性对策,即通过冶炼控制、精炼优化、保护浇铸等措施,减少钢水中铝酸盐的数量,达到提高钢水纯净度,减少 $Al_2O_3 - C$ 质水口堵塞的目的。

关键词 低碳高铝钢,水口堵塞,冶炼控制,精炼优化,保护浇铸

济南钢铁集团总公司第三炼钢厂(以下简称“三炼钢”)中薄板坯连铸机自2005年6月23日投产,到2006年1月31日,中间包上水口共堵塞28次,因堵塞停机达15次,铸坯重接及表面卷渣等大型质量缺陷达2 698.3 t,其中生产08Al、SPCC、SPCD等品种钢(属低碳高铝钢)时均出现了水口堵塞的停机事故。可见,因水口堵塞造成的停浇,成为三炼钢低碳高铝钢生产的制约因素之一。为此,通过对 $Al_2O_3 - C$ 质水口堵塞实例的分析,提出了防止水口堵塞的措施,并取得了一定的效果。

1 水口堵塞实例

三炼钢38 t中间包塞棒的正常开浇行程为70~80 mm,最大行程为120 mm。达到最大行程时,中间包已因水口部位堵塞而停浇。

三炼钢2006年1月8日生产SPCC品种钢时,因钢包滑动机构装配异常而进行烧眼操作,使钢水在没有保护措施的情况下敞浇5 min,导致停浇。图1示出了大包烧眼敞浇5 min后塞棒行程随浇注时间的变化情况。从图中可以看出,塞棒行程随着时间的延长而不断提高,至23 min左右时达到最大值,中间包因水口部位堵塞停浇。水口产生堵塞的主要原因是该钢种的目标酸溶铝含量偏高,其质量分数为0.025%。敞浇时,钢中酸溶铝发生二次氧化而生成 Al_2O_3 夹杂物,该夹杂物在浇注过程中不能充分上浮,在中间包内塞棒和水口附近不断聚集,造成中间包塞棒不断上涨,最终因水口附近夹杂物富积严重,堵塞水口而停机。

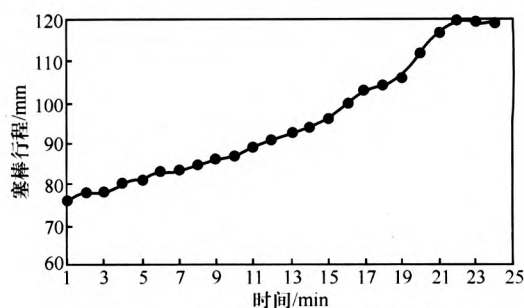


图1 敞浇后中间包塞棒的行程变化

图2为堵塞的浸入式水口下线冷却后解剖观察到的实物照片,可以看到浸入式水口内富积了大量乳白色夹杂物。经化学分析证实,浸入式水口内白色物质的 $w(Al_2O_3) = 78.5\%$,同时还有少量的钢,属 Al_2O_3 夹杂。

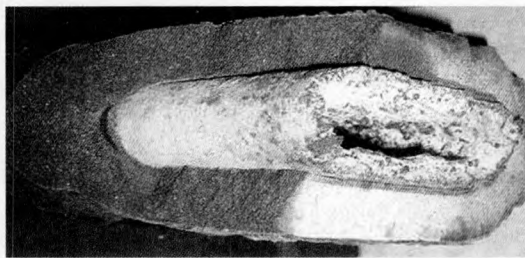


图2 浸入式水口堵塞实物

2 水口堵塞物的形成原因

浸入式水口内 Al_2O_3 堵塞物的形成有两方面的原因^[1]:

1) 水口材料与钢水反应形成的。 SiO_2 、 Na_2O 、 K_2O 等是 $Al_2O_3 - C$ 耐火材料中的杂质,在高温下易

* 高靖超:男,1965年生,工程师。
收稿日期:2007-02-07
修回日期:2007-06-08

与 C 进行还原反应而释放出 CO 及 SiO 气体,此气体将钢水中溶解的铝二次氧化生成 Al_2O_3 而沉积在水口壁上。

2) 钢水中的 Al_2O_3 夹杂物在水口壁上沉积而形成的。这主要有三方面的来源:钢水中氧含量过高时,将导致钢水中的铝氧化而形成 Al_2O_3 ; 因高铝钢水有很强的还原性,其中的 Al 易被空气、渣等氧化而形成 Al_2O_3 ; 浇注时因钢水二次氧化,使固态 Al_2O_3 夹杂增多。

3 水口堵塞的防范措施

3.1 提高 Al_2O_3 -C 质耐火材料的纯度

为减少高温下耐火材料中 SiO_2 、 Na_2O 、 K_2O 等与 C 的反应,必须精选原料,以提高耐火制品的纯度,严格控制杂质的含量,从而减少 CO 及 SiO 气体的生成。

3.2 防止钢中氧含量过高

钢中氧含量与碳含量、温度、后吹次数及终点渣况有关。一般情况下,钢中碳含量越低则温度越高,后吹次数也越多,氧含量就越高。转炉钢的氧含量(终点)与碳含量(终点)的关系如图 3 所示。三炼钢在低碳高铝钢生产中,应杜绝点后吹,确保一次拉碳成功。一般情况下的操作,碳含量控制在 0.05% ~ 0.07%,氧含量在 0.06% 以下,出钢温度在 1 650 ~ 1 670 $^{\circ}C$ 。

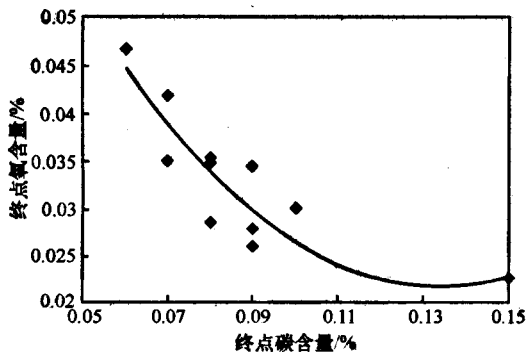


图3 转炉钢的终点碳含量与终点氧含量的关系

3.3 提高炉渣对夹杂物的吸收率

减少低碳高铝钢中的 Al_2O_3 夹杂物应采取以下措施:降低 Al_2O_3 的活度以促使炉渣对 Al_2O_3 的吸收;降低炉渣的熔点,以利于 Al_2O_3 转化为低熔点的物质而易被炉渣吸附。在炉渣的操作控制中,使 Al_2O_3 以熔点为 1 455 $^{\circ}C$ 的 $12CaO \cdot 7Al_2O_3$ ($C_{12}A_7$) 形式或接近于 $C_{12}A_7$ 的组成存在。

为了保证 Al_2O_3 生成低熔点的 $C_{12}A_7$, 在出钢过程中加 600 kg 小颗粒石灰,200 kg 萤石,并保证熔化

及良好的流动性,同时细化作业程序,将 C/A 比(摩尔比)控制在 1.8 ~ 2.0 之间。

3.4 LF 炉工序中的钙性处理

钙性处理是高铝钢中改善夹杂物形态的最广泛的应用方法之一。由于转炉渣的氧化性较强,所以在加造渣料前要先均匀地加一层铝粒来脱氧。铝粒加入量一般为 60 kg,可依据下渣量多少酌情增减,关键是要造成玻璃渣。玻璃渣造好后,喂 Ca-Fe 线,目的是减少渣中氧对 Ca 的氧化。根据 CaO - Al_2O_3 二元相图^[2](图 4),随着夹杂物中钙含量的增加,夹杂物 Al_2O_3 将沿 $Al_2O_3 \rightarrow CaO \cdot 6Al_2O_3 \rightarrow CaO \cdot 2Al_2O_3 \rightarrow CaO \cdot Al_2O_3 \rightarrow 12CaO \cdot 7Al_2O_3 \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3$ 的路线改变性质,而其熔点也不断降低,最终形成熔点为 1 455 $^{\circ}C$ 的 $C_{12}A_7$ 夹杂^[3]。

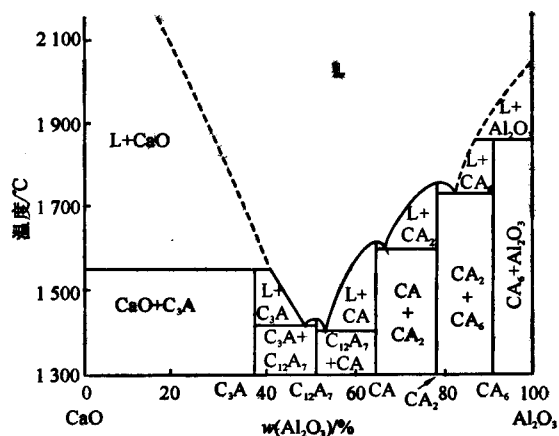


图4 CaO - Al_2O_3 二元相图

文献[3]的研究表明,钢水中的残钙量对夹杂物变性的效果影响比较大,所以在钙处理过程中要严格控制铝粒加入量,使钢中的酸溶铝质量分数在 0.02% ~ 0.05% 时效果最佳。

3.5 控制 LF 工序的吹氩时间

LF 工序前期因加有铝粒,要通过强吹氩搅拌来化开钢包渣,但在处理过程中要软吹氩,以避免渣卷入钢水中而造成回硅和夹杂。图5为 LF 炉喂线后软

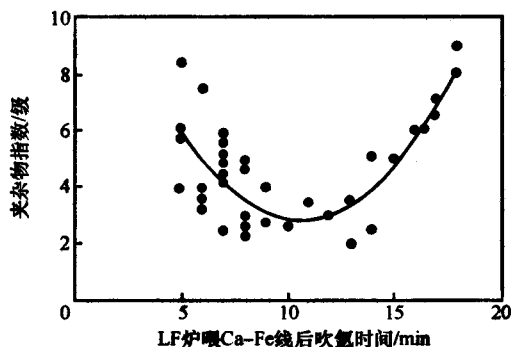


图5 LF 炉软吹氩时间与夹杂物指数的关系

吹氩时间与夹杂物指数的关系图。可见,合适的软吹氩时间应控制在 10 min 左右。

3.6 浇铸过程中的钢水保护措施

钢水二次氧化会造成铝的氧化,形成大量的 Al_2O_3 ,且造成结晶器液面急剧波动(正常浇注时结晶器液面波动为 ± 3 mm)及塞棒行程迅速上涨(塞棒最大行程 120 mm)。为此,必须实施钢水浇注过程中的全保护措施,即:开浇前要先打开保护套管装置的氩气;中间包内及时加覆盖剂或加碳化稻壳,并密切关注,确保中间包钢水液面不能裸露等。

4 效果检验

2006 年 2 月初开始实施上述措施,取得了非常好的效果:截至 2006 年 6 月底,没有出现过一次水口堵塞而停浇的现象;塞棒行程只上涨 1 次,且非常缓慢;结晶器液面稳定在 ± 3 mm 以内,铸坯质量良好。

5 结论

通过分析低碳高铝钢在连铸过程中浸入式水口堵塞的基本原因,认为采取以下措施可以解决水口堵

塞的问题:

(1)降低 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{C}$ 质水口中杂质的含量,提高耐火材料制品的纯度;

(2)控制终点碳含量为 0.05% ~ 0.07%,提高命中率杜绝点吹,降低钢中 [O] 的质量分数 $< 0.06\%$;

(3)出钢时加小颗粒石灰 600 kg,萤石 200 kg,以保证有良好的流动性,C/A 比控制在 1.8 ~ 2.0 之间;

(4)LF 工序造玻璃渣后加适量钙,通过钙性处理,减少钢水中夹杂物;

(5)LF 精炼时适当控制强搅拌及弱搅拌时间;造渣料依需要加入,造成玻璃渣后,保证软吹氩 10 min;喂 Ca - Fe 线后,迅速进入下道工序,以减少空气对耐火材料的氧化;

(6)钢包开浇时,保护套管接近中间包钢水液面,避免敞浇或中间包钢水裸露。

参考文献

- [1] 王怀宇. 板坯连铸过程中水口堵塞的分析与解决措施. 宽厚板, 2001, 7(4): 42 - 45.
- [2] 李洪桂. 冶金原理. 北京: 科学出版社, 2005: 34
- [3] 于学斌. 残钙量对夹杂物变性效果的影响. 炼钢, 2006, 22(1): 49 - 51