

· 工艺技术 ·

连铸夹渣类缺陷的成因分析和控制措施

苏瑞先

(上海梅山钢铁公司, 南京 210039)

摘要 分析了产生冷轧板卷夹渣类缺陷的连铸工序因素。结果表明, 150 t 转炉-吹氩站-LF-CAS 或 RH-(900 ~ 1 020) mm × 210 mm 连铸流程生产低碳铝镇静钢时, 水口插入深度 130 ~ 155 mm 时热轧板缺陷指数远低于水口插入深度 125 mm 和 160 mm 时缺陷指数; 浇铸时钢包水口自开和烧氧打开钢中平均总氧含量 T[O] 分别为 15×10^{-6} 和 25×10^{-6} ; 通过下渣检验仪控制钢包至中间包的下渣量, 热轧夹渣类缺陷指数显著降低。通过控制中间包钢水量, 改进中间包水口结构; 优化浸入式水口插入深度, 提高钢包自开率和下渣检测使用率, 采用低钠结晶器保护渣, 使热轧板夹渣翘皮指数由原先的 3.45 降到 0.73。

关键词 连铸 板卷夹渣类缺陷 工艺控制

Analysis on Formation of Slag Entrapment Defects in Concasting and Control Measures

Su Ruixian

(Shanghai Meishan Iron and Steel Co, Nanjing 210039)

Abstract Concasting process factors to form the cold rolled coil defect related slag entrapment have been analyzed. Results show that with production of low carbon aluminium-killed steel by 150 t converter-argon blowing station-LF-CAS or RH-(900 ~ 1 020) mm × 210 mm casting process, the defect index of hot rolled plate with nozzle merging depth 130 ~ 155 mm is far less than that with nozzle merging depth 125 mm and 160 mm; the average total oxygen content T[O] in steel with ladle nozzle self-open and oxygen lance open is respectively 15×10^{-6} and 25×10^{-6} ; slag entrapment defect index of hot rolled plate decreases obviously by using slagging detector to control slagging amount from ladle to tundish. The index of slag inclusion-skin defect of hot rolled plate decreases from original 3.45 to 0.73 by controlling amount of liquid in tundish, improving nozzle structure of tundish, optimizing merging depth of submerging nozzle, increasing ratio of ladle self-open and operating ratio of control tundish slagging amount detector, and using low sodium mold powder.

Material Index Concasting, Defect of Coil Slag Inclusion, Process Control

表面夹渣是指铸坯表皮下 2 ~ 10 mm 镶嵌有大块的渣子, 因而也称皮下夹渣。就夹渣的组成来看, Mn-Si 酸盐系夹杂物的外观大而浅; Al_2O_3 系夹杂物细小而深。表面夹渣如不消除, 就会在成品表面留下许多弊病。如冷轧薄板呈条状分布的黑线, 认为是铝酸钙和 Al_2O_3 所致。另外结晶器初生坯壳卷入了夹渣, 在坯壳上形成一个“热点”, 此处渣子导热性不好, 凝固壳薄, 出结晶器后容易造成漏钢事故^[1]。夹渣是连铸中最常见的缺陷, 只有从工艺、操作等方面严格控制, 才能减少夹渣的发生几率。

1 夹渣类缺陷分析

本次分析的钢种为低碳铝镇静钢, 用途是冷轧镀锌板, 铸坯规格为 (900 ~ 1 020) mm × 210 mm, 工艺流程是: 转炉-吹氩站-LF-CAS 或 RH-连铸, 钢包容量 150 t, 中间包容量 50 t。通过对冷轧轧制的缺陷板卷进行金相及扫描电镜能谱分析, 其中有部分样板断口处有 Na、Mg、Al、Si、Ca 等保护渣成分, 为

夹渣、夹杂类冶金缺陷引起。其中编号为 2[#]、5[#]、6[#] 的冷轧板缺陷微观形貌和能谱图像见图 1。

通过对夹渣化学成分分析可知, 这种复合夹杂是结晶器保护渣或中间包覆盖剂卷入连铸坯造成; 此外在有异常夹杂的缺陷中, 还有一部分的缺陷从其成分可以看出, 这类夹杂主要是钢包渣下至中间包再进入连铸坯所至。

2 原因分析

2.1 结晶器内钢液流动对卷渣的影响

随着水口插入深度的增加, 熔池表面附近向上运动的回流范围变大, 结晶器弯月面处钢液波动幅度明显减小, 有利于减少保护渣卷入的机会, 减轻结晶器内的表面卷渣。但是, 随着水口插入深度的增加, 必然会造成钢液流股涡心位置下移, 增加了夹杂物和气泡被卷入铸坯深处的机会, 使连铸坯内部缺陷增多。通过统计低碳钢水口插入深度与热轧板轧制缺陷指数的关系图, 如图 2 所示, 可以看出水口插

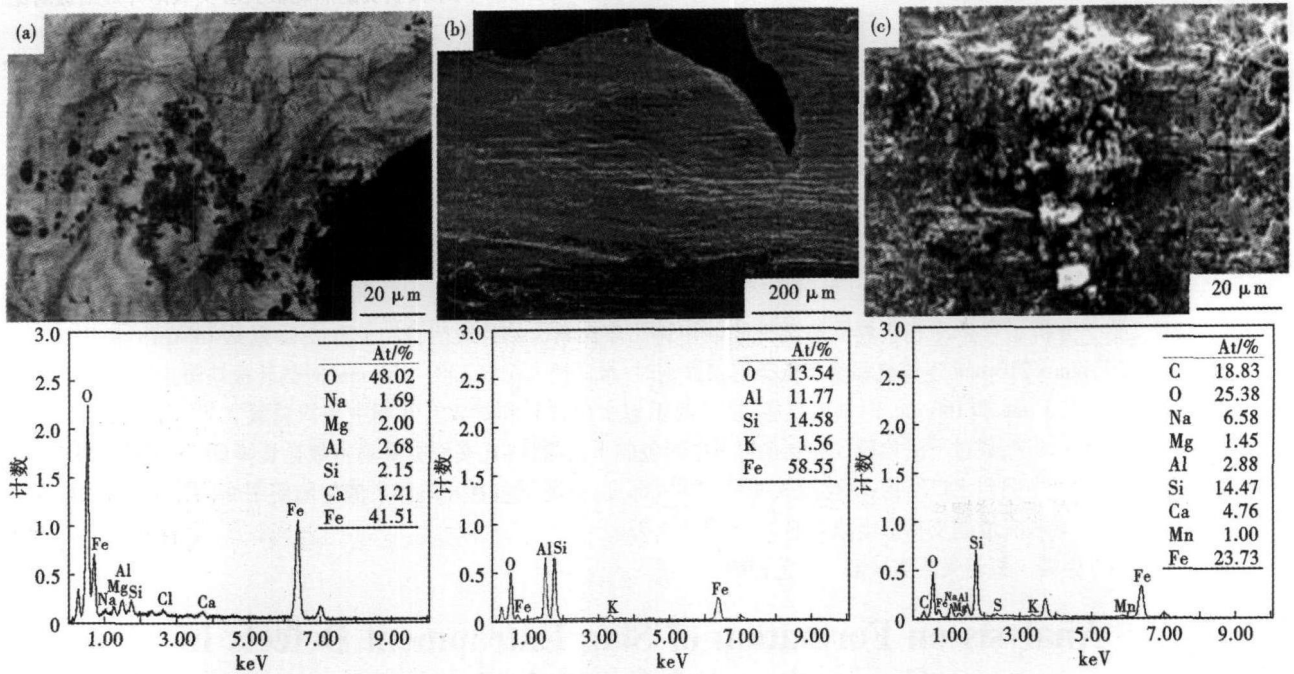


图 1 冷轧板缺陷微观形貌和能谱图:试样(a)2*; (b)5*; (c)6*
Fig. 1 Micro-morphology and energy spectrum of defect of cold rolled sheet; Sample 2*(a); 5*(b); 6*(c)

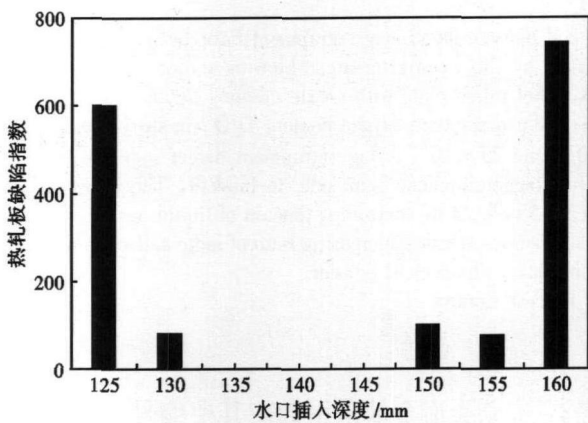


图 2 水口插入深度对热轧板缺陷指数的影响
Fig. 2 Effect of nozzle merging depth on index of defect of hot rolled plate

入深度在 130 ~ 155 mm 较为适宜。

水力学模型表明,使用圆柱形水口时,由侧孔出来的流股造成的上下相反方向上出现的两对回流始终是均匀而对称的;但使用矩形水口时,从水口侧孔出来的流股很容易发生偏流造成两侧流动不均匀和不对称的情况^[2]。从现在 2# 机使用的矩形水口来看,通钢量过大,水口内腔为矩形易导致钢流流动不均,产生结晶器流场偏流的现象。通过对中间包水口的尺寸重新设计,进行了更改。现场使用观察发现改进后的圆柱形内腔水口,结晶器流场较为稳定,水口两端钢流总体较均衡。

2.2 非稳态浇铸对卷渣的影响

2.2.1 换钢包时的异常操作

开浇时钢包水口自开与烧氧打开对 T[O] 的影响如图 3 所示。水口自开比烧氧打开钢中总氧 (T[O]) 要低 $(10 \sim 15) \times 10^{-6}$ ^[3], 因此提高钢包水口自开率是防止钢水二次氧化, 减少夹杂物含量的重要措施。

在连铸生产过程中,如果钢包下渣量过大,在中间包容量小和液位低的情况下,钢包渣被卷入铸坯形成夹渣,部分甚至全部抵消了其它技术净化钢水的作用。我厂使用德国 AMEPA 公司开发的电磁感应法下渣检测技术,通过提高下渣检测装置的投用率可以有效降低连铸中间包内的外来夹杂物含量,从而提高板坯的表面质量。从图 4 可以看出,随着下渣检测投用率的提高,热轧夹渣类指数显著

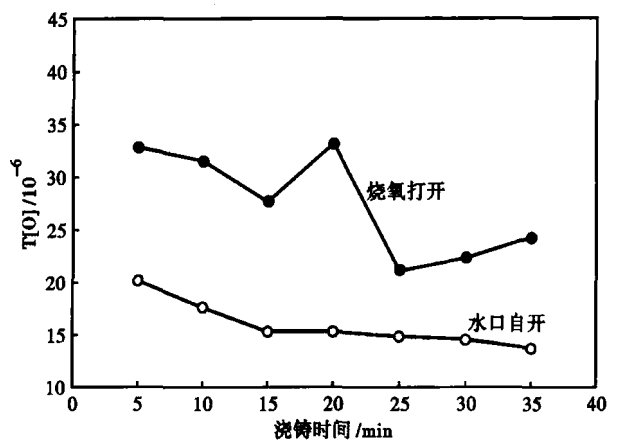


图 3 钢包水口自开和烧氧打开对 T[O] 的影响
Fig. 3 Effect of ladle nozzle self-open and oxygen lance open on T[O]

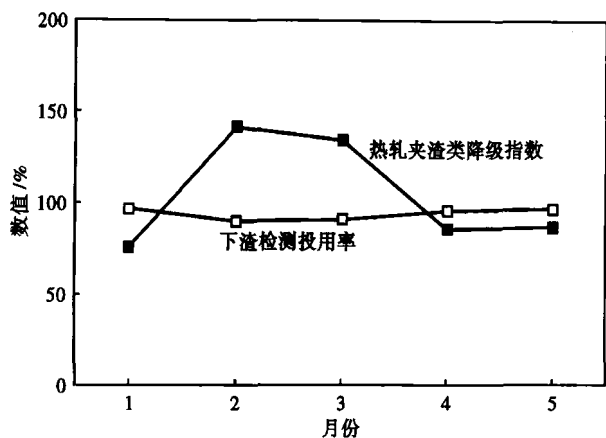


图4 下渣检测投用率对热轧夹渣类降级指数的影响

Fig.4 Effect of using ratio of control slagging amount detector on degradation index of slag entrapment defect of hot rolled plate

下降。

另一反面,在钢包更换过程中,要控制中间包的钢液量。不允许采用低液位控制,虽然低液位控制能够提高生产效率,但容易造成进入中间包的钢包渣再进入连铸坯中,在连铸过程中,当中间包钢水高度低于安全高度时,钢液表面会形成漩涡,将部分液态、半液态或固态的覆盖渣卷入浸入式水口,该覆盖渣颗粒与水口内壁上的黏附物结合起来被钢水冲入结晶器中,在上浮时被凝固坯壳捕捉,从而导致铸坯的表面或皮下夹渣。

2.2.2 浸入式水口破损或穿孔对卷渣的影响

凡是夹渣严重的炉次都是出现浸入式水口破损或穿孔现象,由于浸入式水口破损或穿孔改变了结晶器的流场,造成了结晶器内水口附近局部钢流翻导致结晶器保护渣被卷入钢水内。

通过表面检测仪检查发现某些热轧板卷全长均有夹渣翘皮缺陷,造成钢卷降级。经调查主要是由于浸入式水口穿孔所致,当时为中间包的第4炉,未达到正常8炉左右更换水口寿命要求。为了解这种异常对板坯夹渣的影响程度,对2010年1~4月份提前更换水口的前一炉次板坯夹渣(板卷夹渣降级)情况进行了调查,具体情况如表1。

由表1统计结果表明,对于2[#]连铸机,异常更换水口前一炉的板坯夹渣率(对应热卷夹渣降级率)远大于正常更换水口前一炉的板坯夹渣率。为此,提高耐火材料质量,严格浸入式水口烘烤制度,以及合适的水口渣线控制可以降低浸入式水口的异常破损。

2.3 保护渣成分对卷渣的影响

表1 2[#]机不同水口状况的热轧板夹渣类缺陷降级指数对比
Table 1 Comparison of degradation index of slag entrapment defect of hot rolled plate between different nozzle conditions for No2 caster

2010年月份	异常换水口前一炉板坯/块	热轧卷降级指数	正常换水口前一炉板坯/块	热轧卷降级指数
1	44	2.27	624	0.64
2	32	12.54	548	0.54
3	8	0	624	0.48
4	20	15.34	384	0.78
总计	104	7.69	2 180	0.59

目前,冷轧用钢无专用的保护渣,仍使用以前的低碳钢保护渣,保护渣的理化性能对冷轧钢种的生产不匹配,因此研究开发适合冷轧用钢生产的保护渣,优化保护渣成分与性能以提高铸坯质量,具有重要的意义。

关于冷轧用钢保护渣的研究,国内有文献报道在生产高级薄板用连铸坯时,采用低钠结晶器保护渣,提高保护渣的粘度和表面张力,达到防止卷渣的目的,解决镀锡板基板的白斑缺陷和冷轧薄板的条片状缺陷。

目前正研究开发适合于冷轧用钢生产的低钠结晶器保护渣,通过解决由保护渣性能不良引起的铸坯皮下夹杂、卷渣、表面裂纹等缺陷,降低冷轧板由保护渣卷渣、夹渣引起的孔洞缺陷,提高铸坯表面质量。

3 结论

通过一系列的连铸工艺改进,例如改进中间包水口内腔形状、尺寸;优化浸入式水口插入深度;提高钢包自开率与下渣检测投用率;规范中间包吨位控制和浸入式水口烘烤制度;采用低钠结晶器保护渣等工艺措施提高了连铸板坯的表面质量,降低了连铸板坯夹渣类缺陷的发生,成功地将热轧板卷夹渣翘皮指数由原先的3.45降低到目前的0.73。

参考文献

- 方淑芳. 冷轧板中夹杂类孔洞缺陷的形成原因. 理化检验-物理分册, 2003(10): 504
- 蔡开科. 连续结晶器. 北京: 冶金工业出版社, 2008
- 孙彦辉, 蔡开科, 赵长亮. 非稳态浇注操作对连铸坯洁净度影响. 钢铁, 2008, 43(1): 22

苏瑞先(1982-), 男, 硕士, 助理工程师, 2005年安徽工业大学毕业, 连铸工艺研究。

收稿日期: 2010-07-26