

冷镢钢 SWRCH22A 炼钢工艺优化研究

刘立德^① 洪 军¹ 刘 纲² 毕秀荣²

(1:首钢水城钢铁(集团)有限责任公司炼钢厂 贵州六盘水 553028;

2:北京科技大学冶金与生态工程学院 北京 100083)

摘要 主要介绍了首钢水钢冷镢钢 SWRCH22A 炼钢生产工艺优化的改造实践。针对冷镢钢 SWRCH22A 工艺存在钢水回 Si 现象严重、可浇性不稳定的问题采取相应的优化工艺措施,通过生产工艺的优化,水钢生产的 SWRCH22A 钢水回 Si 量由开发初期的平均 0.04% 降至平均 0.02%,连浇炉数由 2 炉提高至 7 炉。生产节奏和品质明显提升。

关键词 冷镢钢 SWRCH22A 钙处理 保护浇注 水口堵塞

中图分类号 TF76

文献标识码 A

doi:10.3969/j.issn.1001-1269.2013.02.007

Optimization Study on Steelmaking Process of Cold Heading Steel WRCH22A

Liu Lide¹ Hong Jun¹ Liu Gang² Bi Xiurong²

(1:Steel plant, Shougang Shuicheng Iron & Steel(Group) Co., Ltd., Liupanshui 553028;

2:School of Metallurgical and Ecological Engineering, University
of Science and Technology Beijing, Beijing 100083)

ABSTRACT This paper describes the transformation of the optimization process of cold heading steel SWRCH22A steelmaking in Shougang Shuicheng Iron & Steel Co. Those optimization measures can be taken for serious molten steel resiliconization phenomenon and unstable castability, the average resiliconization amount of SWRCH22A in Shougang Shuicheng Iron & Steel turns from 0.04% to 0.02%, the number of continuous casting furnaces turns from 2 to 7. Practice has proved that Shougang Shuicheng Iron & Steel has been fully equipped with the ability to produce quality SWRCH22A.

KEYWORDS Cold heading steel SWRCH22A Calcium treatment Casting practice Nozzle clogging

钢水中夹杂物的成分和数量对钢水的可浇性和钢材质量影响较大,冷镢钢 SWRCH22A 要求控制 $w(\text{Al})$ 为 0.025% ~ 0.055%, 钢水一旦出现二次氧化,钢中将生成大量的 Al_2O_3 夹杂。钢水在浇注时就会引起中间包水口堵塞^[1],从而影响生产。首钢水城钢铁(集团)有限责任公司(以下称水钢)二炼钢生产冷镢钢 SWRCH22A 属于难浇注

的钢种。在进行钙处理时,如对钢水中溶解钙和酸溶铝控制不当,不但不能生成液态 $(\text{CaO})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_y$ 复合夹杂物,还有可能生成高熔点的固态 $(\text{CaO})_x(\text{Al}_2\text{O}_3)_y$ 复合夹杂物。起不到净化钢水和解决中间包水口堵塞的作用,且连铸生产时易出现由于钢水可浇性差导致中间包水口结瘤,造成生产事故。因此,含铝冷镢钢 SWRCH22A 的

① 作者简介:刘立德,男,1966 年出生,电视大学毕业,钢铁冶炼专业,高级工程师

生产工艺需要进一步优化。

Alt 代表的是钢中的全铝含量, Als 代表的是钢中的酸溶铝含量。

1 冷镢钢 SWRCH22A 的生产工艺

1.1 炼钢工艺流程

铁水、废钢→100 t 转炉冶炼→挡渣出钢→脱

氧合金化→LF 精炼→连铸(150 mm×150 mm 方坯、全保护浇注、电磁搅拌、塞棒控流)→精整。

1.2 成分控制

冷镢钢 SWRCH22A 的化学成分按照 JISG3507-1:2005 控制(表 1)。

表 1 冷镢钢 SWRCH22A 化学成分(w/%)

标准	C	Si	Mn	P	S
JIS G3507-1:2005	0.18~0.23	≤0.05	0.7~1.00	≤0.03	≤0.015

钢水中夹杂物的成分和数量对钢水的可浇性和钢材质量影响较大,冷镢钢 SWRCH22A 要求控制 $w(Alt)$ 为 0.025%~0.055%,钢水一旦出现二次氧化,钢中将生成大量的 Al_2O_3 夹杂。钢水在浇注时就会引起中间包水口堵塞^[1],从而影响生产。首钢水城钢铁(集团)有限责任公司(以下称水钢)二炼钢生产冷镢钢 SWRCH22A 属于难浇注的钢种。在进行钙处理时,如对钢水中溶解钙和酸溶铝控制不当,不但不能生成液态 $(CaO)_x(Al_2O_3)_y$ 复合夹杂物,还有可能生成高熔点的固态 $(CaO)_x(Al_2O_3)_y$ 复合夹杂物。起不到净化钢水和解决中间包水口堵塞的作用,且连铸生产时易出现由于钢水可浇性差导致中间包水口结瘤,造成生产事故。因此,含铝冷镢钢 SWRCH22A 的生产工艺需要进一步优化。

2 冶炼操作

2.1 转炉冶炼

1) 转炉采用双渣法冶炼,重点控制出钢 $w(P) \leq 0.010\%$ 。

2) 转炉终点控制:要求 $w(C)$ 为 0.08%~

0.12%, $w(P) \leq 0.015\%$, $w(S) \leq 0.035\%$ 。氧活度 $\leq 0.03\%$ 。

3) 挡渣出钢。采用双挡渣工艺挡渣出钢,出钢前在出钢口加入挡渣塞,出钢末期加入挡渣塞挡渣,直至钢水出尽。尽量减少出钢下渣,转炉炉渣中含有大量的 FeO ,如果下渣量过大,会导致钢中氧活度过高,给精炼操作带来不利影响。控制出钢后钢包中渣层厚度 $\leq 50\text{mm}$ 。

4) 出钢时间控制。选择出钢时间 $< 210\text{s}$,避免出钢时间过长造成钢水二次氧化,导致钢中氧活度过高,给 LF 炉操作带来不利影响。

5) 脱氧合金化。出钢过程用 $Al-Mn-Fe$ 脱氧,加入量根据出钢氧活度确定,不足 Mn 用中碳锰铁补齐。

6) 出钢后的渣面脱氧。出钢过程全程吹氩,出钢结束后关闭底吹氩气,在渣面未结壳前向液态渣面加入铝粒 20kg,对渣面进行脱氧。

7) 进精炼炉主要成分、氧活度、温度控制要求见表 2。

表 2 精炼工艺参数

$w(C)/\%$	$w(Si)/\%$	$w(Mn)/\%$	氧活度/%	进精炼站温度/ $^{\circ}\text{C}$
0.15~0.19	≤0.03	0.70~0.85	≤0.001	1560~1580

2.2 LF 精炼

2.2.1 造白渣

白渣是一种碱性的动态渣,冷却后呈白色。其碱度较高(一般为 3~4),氧化铁质量分数小于 1%,氧化钙质量分数约 60%。LF 炉白渣要求“快”、“白”、“稳”。“快”就是要在较短时间内(10~15 min)形成白渣。由于 LF 炉处理周期有

限,白渣形成越早,精炼时间越长,精炼效果越好;“白”就是渣中氧化铁质量分数小于 1%,形成具有强精炼能力的还原渣,“稳”有 2 层含义,一是各炉次间炉渣成分接近。二是同一炉次在形成白渣后,渣中的氧化铁质量分数保持在 1% 以下,以提高精炼效果。

冶炼冷镢钢 SWRCH22A 时,为保证炉渣有较

高的碱度、良好的流动性和还原能力^[2]。采取向炉内加入活性石灰 8~10 kg/t 钢(分 3 次加入),精炼渣 2~3 kg/t 钢,萤石 100~150 kg,过程采用铝粒脱氧造白渣,尽量使铝粒均匀撒入渣面,使渣面均匀脱氧。实际生产中对各阶段渣样进行分析,结果为转炉高氧化性渣(FeO 含量在 18% 左右)经 LF 精炼后氧化性明显降低(从精炼 10 min 1.5% 左右的 FeO 含量降低至软吹结束 FeO < 0.8%)。但在成分调整时由于采用较大氩气流量均匀成分,造成钢水二次氧化严重,此阶段需增强微正压操作,以减少钢水的二次氧化。

2.2.2 进站调铝

转炉出钢过程加入 Al-Mn-Fe,因此进 LF 炉后,钢中含有一定量 Al,考虑 Al 在精炼过程的损失,钢水进精炼炉后,根据钢中 $w(\text{Al})$ 计算铝线喂入量,将进站 $w(\text{Al})$ 按 0.09%~0.10% 控制,实际生产中对各阶段 $w(\text{Alt})$ 变化进行分析,分析结果显示精炼过程 $w(\text{Alt})$ 呈阶段下降,整个精炼过程 $w(\text{Alt})$ 约损失 65%。因此,在进站喂铝线调铝时按 0.09%~0.1% 的控制,成品 $w(\text{Alt})$ 满足 0.025%~0.055%。

2.2.3 钢水回 Si 控制

为控制回 Si,LF 炉完全采用铝粒进行脱氧严禁加入硅铁粉,但由于转炉、LF 炉采用的原材料中带入少量 Si 元素,因此成品 Si 含量有所增加,由现场跟踪和统计可知,如炉渣和钢水的氧化性控制得较好,钢水中成品 $w(\text{Si})$ 比进 LF 炉 $w(\text{Si})$ 有所提高。正常 $w(\text{Si}_{\text{回}})$ 在 0.020% 左右,个别炉次回 Si 量达到 0.030%。

2.2.4 底吹氩气流量控制

精炼过程控制底吹流量,不同阶段采用不同的底吹流量确保钢水得到充分的搅拌,同时不造成钢水的二次氧化。具体流量控制为:破壳和加料时采用较大氩气使渣壳和加入的渣料熔化,精炼过程为保证成分的均匀、炉内还原气氛、电极埋弧效果合适流量为破壳流量的 1/4。软吹时底吹流量以渣面微微涌动钢水不裸露为宜。

2.2.5 LF 精炼过程 $w(\text{Als})/w(\text{Alt})$ 值

通过底吹氩气流量的控制,成品 $w(\text{Als})/w(\text{Alt})$ 在 0.905~0.976。说明钢水二次氧化较小,

钢中夹杂物含量较低。

2.2.6 钙处理

冶炼结束,钢种成分、温度达到要求对钢水进行钙处理^[3],调节钢中 $w(\text{Ca})/w(\text{Al}) > 0.1$,保证夹杂物变性处理到位。金属钙线喂入量按 6~7 m/t 钢进行控制^[4]。通过钙处理改变夹杂物的形态和分布^[5-9]。

由于喂 Ca-Fe 线时产生钙蒸汽较快,使钢水严重翻腾,喂钙线后钢水氧化性增加,Ca 收得率较低,个别炉次未能达到要求。

2.2.7 氧活度控制

冷镢钢 SWRCH22A 属于含铝钢种,要求钢中氧活度控制在 0.0005% 以下。避免连铸浇注过程氧与钢中 Al 反应产生高熔点的 (CaO) 、 (Al_2O_3) ,复合夹杂物造成水口堵塞。冶炼时全部采用铝粒进行脱氧。通过造白渣操作,出精炼站氧活度基本满足小于 0.0005% 的要求,但由于喂 Ca-Fe 线时钢水翻腾严重使钢水二次氧化,个别炉次在换包后氧活度未能达到要求。

2.2.8 微正压操作

避免冶炼过程钢水的二次氧化,同时保证炉内还原性气氛,提高精炼效果。为保证 LF 炉内还原性气氛,冶炼时将除尘风机适当关闭,使炉口冒烟略显浓密。

3 连铸操作

钢水进连铸机后,主要避免钢水的二次氧化,首先应注意中间包和上水口的烘烤(特别是上水口一定要烘透,温度与中包一致),保证烘烤时间和温度。尽可能减少钢水从耐材中吸氧、吸气的可能性。其次做好从大包一直到结晶器的保护工作。大包加盖、长水口采用氩气密封保护、中间包加盖保温、换大包操作时,及时对长水口进行清洗。同时必须及时向中间包内渣面添加覆盖剂,严禁钢水裸露,保证钢水中的酸溶铝含量,中间包上下水口之间采用密封垫进行密封,避免抽吸空气而发生钢水二次氧化而造成中间包下水口堵塞。

4 结论

水钢二炼钢冷镢钢 SWRCH22A 工艺存在钢水回 Si 现象严重、可浇性不稳定的问题。结合目前实际情况,SWRCH22A 工艺做如下优化:

1) 提高转炉操作水平, 实现 SWRCH22A 生产过程一次倒炉出钢, 降低转炉终点氧含量, 提高进 LF 炉成分命中率。

2) LF 炉前期精炼增加铝粒加入量, 加强前期脱氧, 精炼 10min, 将渣中 $w(\text{FeO})$ 控制在 1% 以下, 提前白渣形成时间, 提高精炼效果。提高钢水可浇性。

3) 试验最佳喂线速度, 使 Ca-Fe 线喂入钢包底部 100 ~ 200mm 处完全反应, 并且减少钢水翻腾, 减少钢水二次氧化, 提高 Ca 收得率, 保证夹杂物变性处理到位。提高钢水的可浇性。

4) 连铸机的开浇准备工作, 加强对中包及其水口烘烤的管理, 确保开浇顺利。同时, 加强浇注过程中的保护工作, 避免钢水的二次氧化。

通过以上工艺优化, 水钢生产的 SWRCH22A 钢水回 Si 量由开发初期的平均 0.04% 降至平均 0.02%, 连浇炉数由 2 炉提高至 7 炉。实践证明, 水钢已具备规模生产 SWRCH22A 的能力。

参考文献

- [1] 史国强, 陈爱民. 水口结瘤分析[J]. 江苏冶金, 2004(6): 47-48.
- [2] 黄希枯. 钢铁冶金原理[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1990: 19, 53.
- [3] 徐曾啓. 炉外精炼[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1994: 119.
- [4] 吴健鹏, 王金平, 于学斌. 冷镦钢钙处理工艺研究与应用[J]. 炼钢, 2009(1): 4-7.
- [5] 缪新德, 钱刚. 连铸 ML35 钢的开发[J]. 炼钢, 1999(6): 38.
- [6] 张春燕, 陈嘉华, 吉学军. SWRCH22A 冷镦钢线材拉拔断裂分析[J]. 金属制品, 2004(1): 35-36.
- [7] 高永彬. SWRCH22A 冷镦盘条断裂原因分析[J]. 金属制品, 2010(3): 52-54.
- [8] 马鹏, 欧阳琦, 付军红, 等. SWRCH35K 盘条冷镦表面横裂纹成因分析[J]. 金属制品, 2012(1): 50-52.
- [9] 范银平, 李曦惠, 邓保全, 等. 合金冷镦钢盘条的研发与实践[J]. 金属制品, 2011(4): 73-75.

(收稿日期: 2012-09-21)

(接 48 页)

凸台部位变形约为 0.08mm。将机架入口侧约束 S_2 的水平方向约束取消, 计算结果如图 8 所示, 结果表明当入口侧水平方向约束不足时, 机架水平方向产生较大的变形, 入口侧立柱上半部分最大变形量约为 1mm, 入口侧工作辊安装凸台部分的变形量也达到 0.94mm。

计算结果表明, 地脚螺栓的松紧程度对机架的变形具有很大的影响, 在实际生产中, 当钢坯咬入时会对机架产生一个较大的冲击载荷, 从而使地脚螺栓发生瞬时的松动变形, 导致机架整体变形。当冲击力恢复后, 地脚螺栓重新锁紧机架, 而此时机架变形尚未恢复, 可能会导致机架变形。

4 结论

针对某钢厂 5m 板轧机组合式机架, 分析了机架的变形及应力分布情况。计算结果表明, 在合适的螺栓预紧力范围内, 联接机架上、下横梁与

左、右立柱的螺栓的预紧力对机架的变形和应力分布影响较小。地脚螺栓的松紧对机架的水平变形具有很大的影响, 因此在实际生产中需要注意钢坯咬入时产生的冲击对机架地脚螺栓松动的作用, 避免瞬时冲击造成地脚螺栓的瞬时松动进而导致机架过大的变形。

参考文献

- [1] 杨固川. 大型宽厚板轧机机架结构分析研究[J]. 冶金设备, 2010(1): 36-39.
- [2] 史灿, 宋森, 闫晓强等. 大型轧机组合式机架紧固预紧力研究[J]. 冶金设备, 2008(4): 47-49.
- [3] 邹家祥. 轧钢机械[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2000: 53-55.
- [4] 汤宏海, 李友荣, 刘安中. 四辊轧机机架有限元分析[J]. 武汉科技大学学报, 2009, Vol. 32(2): 149-153.

(收稿日期: 2012-11-21)