

· 工艺技术 ·

钢包自开率的影响因素及改善措施

苏春阳 潘明旭 鲍家琳 李光辉 王 品 刘高利 刘荣华 罗时杰

(湖北新冶钢有限公司炼钢事业部,黄石 435001)

摘 要 统计分析 L20Mn2、20MnV6、20MnTiB 等钢种钢水在钢包中停留时间 (<135 min ~ >240 min), 出钢温度 (<1640 ℃ ~ >1650 ℃), 连铸平台钢水温度 (<1540 ℃ ~ >1580 ℃), 钢中 Mn 含量 (<0.5% ~ >1.3%) 对 70 t 钢包水口自开率的影响。得出随着钢包停留时间延长, 出钢温度和连铸平台钢水温度提高, 以及钢中 Mn 含量的增加, 钢包自开率可由 98.8% 降至 76.8%。通过加强引流砂用前烘烤, 及时清理钢包中残钢残渣, 清扫水口, 钢水在钢包中平均停留时间由原 180 min 降至 160 min, 使钢包自开率由原 88.4% 上升到 97.3%。

关键词 70 t 钢包 含 Mn 低 C 钢 自开率 钢包水口引流砂

Influence Factors on Ladle Free-Opening Rate and Improving Measures

Su Chunyang, Pan Mingxu, Bao Jialin, Li Guanghui, Wang Pin, Liu Gaoli, Liu Ronghua and Luo Shijie
(Steelmaking Division, Hubei Xinyegang Co Ltd, Huangshi 435001)

Abstract The Influence of liquid residence time in ladle (<135 min ~ >240 min), tapping temperature (<1640 ℃ ~ >1650 ℃), temperature of liquid in ladle at casting station (<1540 ℃ ~ >1580 ℃), Mn content in steel (<0.5% ~ >1.3%) for steelmaking the low carbon steels such as L20Mn2, 20MnV6 and 20MnTiB on free-opening rate of a 70 t ladle is statistically analyzed. It is obtained with prolonging residence time, increasing tapping temperature and temperature of liquid in ladle at casting station, and increasing Mn content in steel the ladle free-opening rate may decrease from 98.8% to 76.8%. With improving bake of packing sand for ladle sliding gate, in time clearing residual steel and slag in ladle, cleaning up nozzle, and decreasing average residence time of liquid in ladle to 160 min from original 180 min, the ladle free-opening rate increases to 97.3% from original 88.4%.

Material Index 70 t Ladle, Low Carbon Steel Containing Mn, Free-Opening Rate, Ladle Nozzle Packing Sand

钢包自动开浇是指钢包在盛放钢水之前, 为避免钢水直接与钢包上水口接触而凝钢故在水口内加入引流砂, 当滑动水口打开之后, 钢水能随引流砂自动流出现象^[1-4]。当钢包水口不能自开的时候, 只能通过烧氧引流使其开浇, 烧氧引流会带来如下影响^[5]: (1) 钢水中氧含量增加; (2) 钢水注流冲击中间包液面造成卷渣; (3) 增加劳动强度并带来安全隐患。

本文对 L20Mn2、20MnV6、20MnTiB 等低碳钢种钢水在钢包中的停留时间、钢中 Mn 含量、电弧炉出钢温度、连铸平台钢包内钢水温度、出钢注流对引流砂的冲击等因素和自开率的关系进行了分析, 制定了相关的改善措施。

1 钢包自开率影响因素的分析

1.1 钢包状况和钢水在钢包中的停留时间

从表 1 可以看出, 非连用红包的自开率为 82.9%, 比连用红包的自开率低 6.3%。造成非连用红包自开率低的主要原因在于钢包温度低, 钢水在钢包内的温降大, 造成钢包底部容易结冷钢。

从表 2 可以看出, 钢水在钢包中的停留时间长且波动大, 钢水在钢包中的停留时间超过 3 h 的炉

表 1 钢包状况对自开率的影响

Table 1 Influence of ladle condition on free-opening rate

钢包状况	统计数/炉	自开率/%
连用红包	1 717	89.2
非连用红包	194	82.9

表 2 钢包钢水停留时间对自开率的影响

Table 2 Influence of residence time of liquid in ladle on free-opening rate

停留时间/min	统计数/炉	自开率/%
< 135	147	98.8
135 ~ 150	140	95.3
150 ~ 165	231	95.1
165 ~ 180	260	91.2
180 ~ 195	269	89.9
195 ~ 210	194	86.2
210 ~ 225	168	84.3
225 ~ 240	100	83.2
> 240	207	77.6

数占总炉数的 54.7%。钢包自开率随钢水在钢包内停留时间的延长而不断降低, 其原因是引流砂在高温钢水的作用下, 随时间延长烧结层变厚, 致使钢水不能冲破烧结层。

1.2 钢水温度

从表 3 可以看出,随出钢温度的升高,钢包自开率不断的降低。从表 4 可以看出,随着连铸平台钢水温度的升高,钢包自开率不断的降低。

表 3 出钢温度对自开率的影响

Table 3 Influence furnace tapping temperature of liquid on free-opening rate

出钢温度/℃	统计数/炉	自开率/%
<1 640	681	91.7
1 640 ~ 1 650	671	88.1
>1 650	346	86.9

表 4 连铸平台钢水温度对自开率的影响

Table 4 Influence temperature of liquid in ladle at casting station on free-opening rate

平台钢水温度/℃	统计数/炉	自开率/%
<1 540	351	95.1
1 540 ~ 1 560	572	91.1
1 560 ~ 1 580	457	87.2
>1 580	300	81.8

电弧炉出钢温度和连铸平台钢水温度决定了从电弧炉出钢到钢包开浇整个过程中钢水的温度状况,钢水温度越高,引流砂烧结速度越快,导致烧结层变厚,不利于钢水静压力冲破烧结层。

1.3 钢中 Mn 含量

从表 5 可以看出,随着钢中成品 Mn 含量的升高,自开率不断的下降,当 Mn < 0.5% 时,其对应的自开率为 99.4%,当 Mn > 1.3% 时,其对应的自开

表 5 成品 Mn 含量对自开率的影响

Table 5 Influence of Mn content in steel on free-opening rate

成品 Mn 含量/%	统计数/炉	自开率/%
<0.5	156	99.4
0.5 ~ 1.0	415	96.9
1.0 ~ 1.3	85	83.9
>1.3	112	76.8

注:为了排除其它对钢包自开率的干扰因素,表 5 分析的前提条件有:(1)都是采用了连用红包;(2)钢水在钢包内的停留时间都在 3 h 以内。

率为 76.8%,两者自开率相差 22.6%。其原因在于钢中成品 Mn 的含量越高,电弧炉出钢过程中加入的 Mn 合金就越多,大量 Mn 合金的加入会在钢水中生成 MnO,生成的 MnO 会与引流砂中的 SiO₂ 反应生成低熔点化合物 MnO · SiO₂,将座砖水口内的引流砂黏附在一起,结壳变厚,严重影响自开率。炼钢厂生产的另外一种高 Mn 钢 27SiMn, Mn 含量在 1.3% 左右,

但是自开率却在 95% 以上,其原因在于 27SiMn 成品硅含量很高,在电弧炉出钢的时候会加入大量的硅合金,生成一定量的 SiO₂,减弱了 MnO 和引流砂中 SiO₂ 的反应。27SiMn 自开率高也佐证了 MnO 会与引流砂中的 SiO₂ 反应。

2 主要措施

2.1 引流砂的材质

由炼钢厂和引流砂厂家共同设计了 4 种不同型号的引流砂,并用新设计的引流砂对高 Mn 钢进行工业试验。为了排除钢中的 Mn 含量、钢水在钢包内的停留时间、冶炼过程钢水温度、包况对分析造成干扰,在数据采集的过程中进行了一些有选择性的取舍,选择 Mn 含量为 1.4% ~ 1.6% 的高 Mn 钢(如 LZ20Mn2、P355N、20MnV6、20MnTiB、S355J2H、ZDQ700 等)、钢水在钢包内的停留时间都在 135 ~ 165 min、出钢温度在 1 640 ~ 1 650 ℃、平台钢水温度在 1 540 ~ 1 560 ℃、都是采用连用红包。

从表 6 可以看出,新开发的引流砂其钢包自开率都高于原引流砂,A(原引流砂)、B、C、D 引流砂中 SiO₂ 含量是逐渐降低的,而其钢包自开率是依次上升的。原引流砂的自开率只有 75.4%,D 引流砂的自开率为 94.5%,两者自开率相差 19.1%。随着引流砂中 SiO₂ 含量的不断降低,钢包自开率升高的趋势不断减少,A、B、C、D 引流砂中 SiO₂ 的下降速度是近似的,A 和 B 的自开率相差 4.8%,B 和 C 的自开率相差 3.2%,C 和 D 的自开率相差 0.8%,可见当 SiO₂ 含量降低到 19.42% 之后,再降低引流砂中 SiO₂ 的含量对提高 Mn 含量在 1.4% ~ 1.6% 的高 Mn 钢的钢包自开率效果不大。

根据试验结果,炼钢厂针对 Mn 含量大于 1% 的钢种采用 D 型号的引流砂,而对 Mn 含量小于 1% 的钢种,由于引流砂成分对其自开率影响不大,考虑到成本问题,仍采用 A 型号的引流砂(原引流砂)。

表 6 各引流砂的配方和自开率

Table 6 Ingredient of different packing sand types for ladle sliding gate and free-opening rate

引流砂 型号	成分/%						统计数/ 炉	自开率/ %
	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Cr ₂ O ₃		
A (原引流砂)	7.35	2.54	15.45	12.34	40.31	22.01	378	75.4
B	6.29	2.82	19.39	14.58	28.36	28.56	98	85.7
C	6.72	1.67	17.82	15.23	23.73	34.83	104	90.5
D	7.89	3.64	17.37	14.83	19.42	36.85	120	93.7
E	7.03	2.76	16.78	13.39	15.67	44.37	125	94.5

注:Mn 含量 1.4% ~ 1.6%,停留时间 135 ~ 165 min,出钢温度 1 640 ~ 1 650 ℃,平台钢水温度 1 540 ~ 1 560 ℃,红钢包,钢水量 69 ~ 71 t。

2.2 引流砂的烘烤

引流砂从生产到使用这个过程的周期很长且炼钢厂处在南方,气候潮湿,这些因素使得引流砂中常含有一定量的水分,带水分的引流砂受高温作用,产生的水蒸气和 SiO_2 反应生成类似硅胶的物质,容易将引流砂黏结在一起,导致钢水静压力不能压破烧结层而引流。针对这种情况,炼钢厂购买了烘烤箱,使用前对引流砂进行一定时间的烘烤。

2.3 钢包翻渣和钢包水口清扫

炼钢厂 2[#]连铸机由于生产原因,钢包浇完到翻渣时间间隔一直很长,自从把钢包浇完到翻渣时间间隔作为一项考核指标之后,就较好解决了钢包浇完到翻渣由于时间间隔长使残钢残渣堵住水口的问题。

在填引流砂之前,必须要对这些残钢残渣进行清扫。一直以来,操作人员都只是从钢包正面对残钢残渣进行清扫,由于水口有一定的锥度以及水口附近侵蚀非常严重,因此这种清扫很难完全清除水口内部或附近的残钢残渣,造成钢包立起之后,这些残钢残渣向水口回流。针对这种情况,要求操作工人先从钢包正面对残钢残渣进行清扫,之后再从钢包反面对水口进行清扫,此措施解决了残钢残渣回流现象。

2.4 投包方式

炼钢厂原引流砂投入方式为人工袋装投入钢包水口,此方法操作简单、速度快、无需任何设备,但是采用此投包方式无法在水口及周围进行定量加砂,

很难形成凸起的馒头状;并且引流砂的包装袋遇到高温迅速融化,把引流砂黏结在一起,降低了引流砂的流动性。通过采用加砂漏斗,实现了在水口及周围定量加砂的目的,保证了引流砂加入后能形成凸起的馒头状,引流砂成馒头状增加了钢水与烧结层的接触面积,也相当于增加了钢水对烧结层的压力。

2.5 出钢注流

炼钢厂有 2 台电弧炉(7[#]炉、8[#]炉),对 2 台电弧炉的自开率对比分析发现:炼钢厂共 4 个横班在运转,每个横班都是 8[#]炉的自开率高于 7[#]炉。通过数据分析及现场调研得出:出现此种现象的原因在于 7[#]炉出钢注流直径比 8[#]炉大,出钢注流直径越大对引流砂的冲击越大。为了减小出钢注流对引流砂的冲击,特设计了一个保护罩,此保护罩的使用改善了 7[#]电弧炉自开率比 8[#]电弧炉自开率低的现象。

2.6 温度控制

从以下几个方面控制钢水温度:(1)控制钢水过热度;(2)使用钢包包盖、提高钢包温度和中间包温度、减少钢水非冶炼时间来减少钢水过程温降;(3)加强钢水过程温度管理制度,减少人为操作不当造成钢水温度过高。

3 应用效果

自 2011 年 7 月对钢包自开率开展研究工作以来,随着各项整改措施的逐步落实,自开率和原来相比有大幅度的提升,对比情况见表 7。

表 7 工艺改进前后钢包自开率的统计结果
Table 7 Statistic results of free-opening rate before and after process improvement

工艺	引流砂型号	[Mn]/%	平均停留时间/min	出钢温度/℃	平台温度/℃	钢包中钢水/t	统计数/炉	钢包自开率/%
试验前	A	0.5 ~ 1.6	180	1 630 ~ 1 670	1 500 ~ 1 580	69 ~ 71	1 911	88.4
试验后	A 或 D	0.5 ~ 1.6	160	1 630 ~ 1 670	1 500 ~ 1 580	69 ~ 71	1 563	97.3

注:钢包均为红包或非连用红包。

4 结语

引流砂的材质、钢包状况、钢水温度、钢中的 Mn 含量、水口清理、出钢注流、投包方式及生产节奏是影响钢包自开率的重要因素。自 2011 年 7 月开展自开率攻关并随着各项措施的逐步落实,自开率由原来的 88.4% 提升为 97.3%,为生产的顺行和提高铸坯质量创造了良好的条件。

参考文献

- Lee T F, Ko Y C. Softening and Melting Behavior of Feldspar for Application in Packing Sands for Sliding Gate System for Steel Ladles.

Merican Ceramic Society Bulletin, 1982, 61(7): 737

- 郑仁和,黄元梅,刘献平,等.攀钢钢包自动开浇技术研究.钢铁钒钛,2000,21(1):50
- 邱文冬,金从进.提高连铸钢包自动开浇率的研究.耐火材料,2003,37(1):19
- 米源.影响钢包自动开浇率的因素分析及措施.武钢技术,2005,45(2):17
- 李运平.提高钢包自动开浇率的试验.耐火材料,2007,41(3):233

苏春阳(1973-),男,工程师,部长,1995 年湖南冶金工业大学毕业,洁净钢冶炼研究。

收稿日期:2012-01-10