

试验研究

RH真空脱碳工艺的研究分析

王振光^{1,2}, 董方¹, 姜敏凤³

(1 内蒙古科技大学, 内蒙古 包头 014010; 2 山东工业职业学院, 山东 淄博 256414;

3 无锡职业技术学院, 江苏 无锡 214121)

摘要:结合实际生产数据,分析了转炉终点控制对RH真空脱碳的影响,分析认为,冶炼超低碳钢时,转炉终点碳含量 $\geq 0.05\%$,需要进行RH强制脱碳;终点碳含量 $\leq 0.04\%$ 时,可以进行RH自然脱碳,也可以在出钢过程中进行最大810 kg的微碳锰铁(锰含量80%)合金化操作。底吹氩2 min降低钢水氧活度约 190×10^{-6} 。没有底吹终点钢水碳含量不均匀,均匀性相差 $0.01\% \sim 0.02\%$ 。

关键词: RH真空脱碳; 终点碳; 氧活度; 吹氩搅拌

中图分类号: TF769

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2010)06-0033-03

1 前言

RH是一种用于生产优质钢钢水的二次精炼工艺装备。整个钢水冶金反应是在砌有耐火衬的真空槽内进行的。真空脱碳是RH的重要功能之一,和其他精炼设备相比,RH真空度高,并且通过采用大氩气量循环,精炼强度高,是冶炼超低碳钢的必备工艺。研究RH炉的真空脱碳过程,掌握其关键工艺参数,可以作为超低碳钢开发的技术储备。本研究分析了转炉出钢后部分合金化钢水利用RH进行脱碳冶炼低碳钢的工艺,实现了在冶炼低碳钢时真空脱碳工艺的优化。

2 真空脱碳原理

真空脱碳的根本原理是真空状态下的碳、氧反应。温度 $1600\text{ }^\circ\text{C}$ 时,碳氧浓度积为:

$$[\text{C}] \times [\text{O}] = 0.0025 \times P_{\text{CO}}^{[1]}$$

真空室压力越低,碳氧反应越充分,脱碳效果越好。一定真空度下碳氧反应趋势如图1所示。图1中的方框即为脱碳时钢水初始碳、氧含量的最佳范围: $[\text{C}]$ 为 $(250 \sim 350) \times 10^{-6}$; $[\text{O}]$ 为 $(500 \sim 700) \times 10^{-6}$ 。即当到站钢水碳、氧含量在此范围之内时,随着处理过程碳氧反应的进行,碳、氧含量同步减少,处理结束时,钢中碳、氧含量都能达到预定要求。

而实际生产中,由于种种因素的影响,使得到站钢水碳、氧范围不会总是在最佳范围之内,而是如图2所示的2、3曲线一样偏离了最佳范围。随之而来就是两种不同的真空脱碳模式:自然脱碳与强制脱碳。

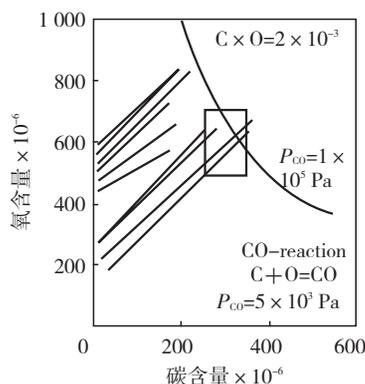


图1 一定真空度下碳氧反应趋势

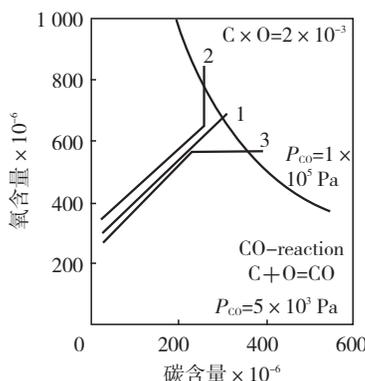


图2 不同初始条件下的自然脱碳

曲线1:理想条件下的自然脱碳。曲线2:脱碳之前氧含量过多,此时应加碳或铝对钢水进行脱氧。脱氧过程中加碳会产生大量CO气体,当碳量超过 0.01% 时,导致真空室和钢包内的沸腾,延长了脱碳时间。如在处理开始加铝脱氧则效果较好,且 Al_2O_3 还可以及时上浮。曲线3:如果初始条件下碳含量过高,则需吹氧,吹氧量的多少依据碳含量而定。

3 真空脱碳与转炉终点的关系

3.1 转炉终点碳、氧浓度积分析

RH真空脱碳工艺的一个重要环节就是转炉终点的控制,而准确的转炉终点控制又是以实际的转

收稿日期:2010-05-31

作者简介:王振光,男,1982年生,蒙古族,2004年毕业于内蒙古科技大学冶金工程专业。现为山东工业职业学院讲师,内蒙古科技大学冶金工程专业在读研究生,从事冶金工程技术研究及教学工作。

炉终点碳、氧积关系为基础的。以某厂转炉终点的碳、氧关系为例,共取样18炉次,测得转炉终点碳含量、氧活度,实际碳氧浓度积平均值为0.003 8%。

由炉前的实际定氧数据可以看出,该厂18炉平均转炉碳、氧浓度积与理论值0.002 5%存在一定差别。根据这一实际测量值,可以绘制RH炉真空脱碳过程的碳氧变化关系,从而为制定合理的转炉出钢条件及RH炉采取的脱碳方式提供依据。

3.2 RH炉真空脱碳规律

依据该厂转炉终点碳、氧浓度积数据绘制出了图3所示的关系曲线。

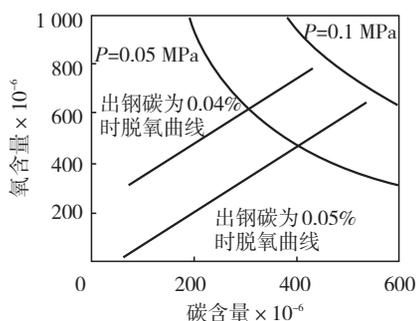


图3 转炉终点碳、氧浓度积及真空脱碳曲线

由图3可以看出,当系统压力为0.1 MPa,转炉终点碳含量为0.05%时,终点氧含量为 760×10^{-6} ,而脱碳过程实际需氧量为:

$$(500/12) \times 16 + 200 = 866 (\times 10^{-6}),$$

其中200为脱碳过程需要的过氧量,假设脱碳结束时按碳含量为0。实际需氧量大于钢中 760×10^{-6} 的氧含量,因此此时需要进行RH强制脱碳,即需向炉内吹氧,吹氧量多少依据碳含量多少而定;当转炉终点碳含量为0.04%时,终点氧含量为 950×10^{-6} ,脱碳过程实际需氧量为:

$$(400/12) \times 16 + 200 = 733 (\times 10^{-6}),$$

小于钢中 950×10^{-6} 的氧含量,因此此时可以进行RH自然脱碳。从上述计算可知,当出钢碳含量 $[C] \leq 0.04\%$ 时,可以进行RH自然脱碳,当出钢碳含量 $[C] \geq 0.05\%$ 时,则需进行RH强制脱碳。

3.3 合金化操作对终点氧含量的影响

转炉出钢过程如果能有部分的合金化,如配加一定量的微碳锰铁等,则可以在一定程度上减轻RH炉的合金化压力,减小因合金化对RH炉钢水温度的影响,进而优化生产工艺^[2]。该厂转炉出钢合金化过程微碳锰铁的实际收得率见表1。

由表1可以看出,在转炉低碳出钢时,微碳锰铁的平均锰收得率为89.5%,即有10.5%的锰在出钢时参与了脱氧。在冶炼超低碳钢时,如出钢碳含量为0.04%,则可以将钢液中过剩的 200×10^{-6} 氧通过进入钢水的锰脱除,与之相对应加入的微碳锰铁量

表1 转炉出钢合金化过程微碳锰铁的实际收得率

炉次	到RH碳含量/%	到RH锰含量/%	炉前加锰铁合金量/kg	出钢锰收得率/%
8Q02473	0.04	0.71	1 000	88.7
8P02364	0.06	0.75	1 000	93.7
8N01978	0.05	0.64	1 000	80.0
8N01976	0.07	0.71	1 000	88.7
8Q02475	0.05	0.75	1 000	93.7
8Q02477	0.05	0.96	1 300	92.3

(锰含量80%)为810 kg。

3.4 复吹转炉对终点氧含量的影响

转炉冶炼终点,对钢水进行了专门的底吹氩搅拌试验,以研究转炉底吹氩搅拌对钢水氧活度的影响,具体试验数据见表2。

表2 转炉终点钢水底吹氩搅拌对氧活度的影响

搅拌时间/min	搅拌后氧活度 $\times 10^{-6}$	氧活度降低 $\times 10^{-6}$
1	1 015	77
2	801	148
2	1 093	233
3	832	137
3	966	259

本次共试验7炉次,分别为净吹氩1 min 1炉、2 min 4炉、3 min 2炉(剔除了2炉异常数据)。从数据上来看,净吹氩前氧活度越高净吹氩后降低越多,吹氩时间越长,氧活度降低越多。净吹氩2 min,氧活度平均降低 191×10^{-6} ;净吹氩3 min,氧活度平均降低 198×10^{-6} 。从数据上来看,净吹氩2 min和净吹氩3 min差别很小,说明净吹氩2 min已经基本达到了实际操作过程的碳、氧平衡。

3.5 转炉终点碳含量均匀性分析

在该厂X70管线钢生产过程中发现,2#转炉所冶炼的钢水在出钢后到LF炉钢水到站期间,钢水的增碳比3#转炉严重,分析认为是2#转炉没有底吹,转炉内钢水的碳含量不均匀。为此进行了试验,即拉碳时取钢水样,此后每隔1 min再取钢水样(每次先将转炉摇向出钢侧,然后再摇向加料侧取样),钢样碳含量变化情况见图4。由图4可知,2#转炉拉碳后随着时间的延长,钢水碳含量不断增加,2 min后才基本稳定,3 min时钢水样的碳含量比拉碳时的碳含量高0.025%。因此,生产过程中拉碳时钢水样碳含量应比实际值要低,即不能代表钢水实际的碳含量。由此推断,在没有底吹或底吹效果不好的炉次在补吹后应该也存在这种现象,所以导致了出钢后到LF炉期间钢水增碳比较严重的假象。

图5是3#转炉钢水碳含量的变化,与2#转炉相比,3#转炉有底吹,因而钢水的均匀性也好一些,从拉碳到3 min,钢水的增碳量约为0.01%。这个结果表明了转炉吹炼末期底吹氩气对炉内钢水成分均

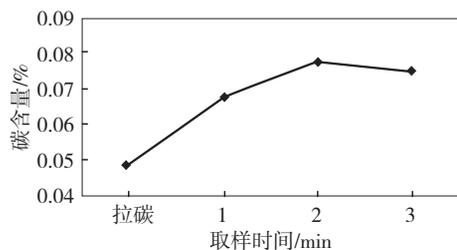


图4 2#转炉内钢水碳含量变化

匀性的重要性。

4 结论

4.1 冶炼超低碳钢时,转炉终点碳含量 $\geq 0.05\%$,需要进行RH强制脱碳;转炉终点碳含量 $\leq 0.04\%$ 时,可以进行RH自然脱碳,也可以在出钢过程中进行最大810 kg的微碳锰铁(锰含量80%)合金化操作。

4.2 在转炉冶炼终点对钢水进行净底吹氩搅拌,一定程度上可以降低钢水氧活度,但在净搅拌2 min

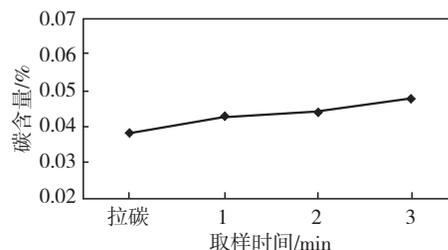


图5 3#转炉内钢水碳含量变化

后基本达到平衡,氧活度降低约 190×10^{-6} 。

4.3 没有底吹或底吹效果不好的转炉与底吹良好的转炉相比,终点钢水碳含量不均匀,二者碳的均匀性相差约0.01%~0.02%。

参考文献:

- [1] 冯聚和,艾立群,刘建华.铁水预处理与钢水炉外精炼铁[M].北京:冶金工业出版社,2006.
- [2] 金辉,孙群,吕志升.RH-TB精炼处理超低碳钢的研究[J].鞍钢技术,2005(5):26-28.

Analysis of RH Vacuum Decarbonization

WANG Zhen-guang^{1,2}, DONG Fang¹, JIANG Min-feng³

(1 Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China;

2 Shandong Vocational College Industry, Zibo 256414, China; 3 Wuxi Institute of Technology, Wuxi 214121, China)

Abstract: Combining with the actual production data, this article analyzed the influences of the BOF end-point control on RH vacuum decarbonization. For ultra-low-carbon steel, when the carbon content in BOF end-point was not less than 0.05%, it required enforced decarbonization in RH treatment. When the end-point carbon content was not more than 0.04%, might make RH natural decarbonization and might make alloying operation by adding not more than 810 kg of trace carbon manganous iron(with 80% manganese content) in tapping course as well. Blowing argon for two minutes decreased the oxygen activity in molten steel by about 190×10^{-6} . No bottom blowing, the end-point carbon content in molten steel was asymmetric and the discrepancy was from 0.01% to 0.02%.

Key words: RH vacuum decarburization; end-point carbon; oxygen activity; argon stirring

(上接第29页)

5.2 在全干熄的条件下,影响因素又增加了焦炭烧损率,烧损率高则吨焦耗干煤增加,烧损率低则吨焦耗干煤相对低一些。

5.3 焦化厂所产生的干熄焦炭不计入焦炭产量时,吨焦耗煤指标升高。

5.4 以济钢目前的计算方式,影响吨焦耗煤指标的因素有配煤挥发分、焦炭挥发分、焦炭烧损率、焦炭产量、进厂煤水分化验、焦炭称量等。

5.5 由于国内钢铁联合企业焦化厂工艺条件、结算方式存在不同,吨焦耗煤指标的计算并不在同一基础上,不具有可比性。

5.6 吨焦耗煤指标的控制是一个系统工程,从煤炭进厂到焦炭最终进入高炉,需全方位精确控制。同时,不同挥发分炼焦煤所对应的焦炭产量、焦炭质量、煤气产率、化产品效益也有所不同,需在满足高炉质量要求的前提下全面综合考虑,不能单纯为了降低吨焦耗煤指标而实施各项降成本措施。

Effect Factor Analysis of Coal Consumption per Ton Coke

JI Tong-sen, QI Hua

(Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

Abstract: The main effect factors of coal consumption per ton coke include the volatile component of blending coal, the volatile component of coke, burning loss of coke, moisture of coal and production of coke and so on. The analysis showed that because of different computation base, coal consumption per ton coke index between each enterprise had no comparative uniformity. On the base of CDQ of all the coke and coke dust barring the coke production, the index of coal consumption per ton coke in Jinan Steel Coking Plant was about 1.375 t by calculating.

Key words: coal consumption per ton coke; volatile component of blending coal; volatile component of coke; whole coke rate