转炉冶炼低氮汽车板工艺研究

徐 龙[1,2],董 方[1],李炯伟[2]

(1. 内蒙古科技大学材料与冶金学院,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢板材厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 钢水中 w[N] 的控制是对汽车板质量影响的重要因素,结合包钢稀土钢板材厂240 t转炉生产工艺特点,探讨了转炉冶炼过程中影响钢水中 w[N] 的因素及控制措施,有效将转炉供精炼钢水中 w[N] 控制在 25×10^{-6} 以下,极大地提高了钢水的质量。

关键词: 转炉低氮; 汽车板; w[N] 控制
中图分类号: TF713 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)06-0026-03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.06.008

Technical Study on Smelting Low Nitrogen Auto Sheet with Converter

Xu Long[1,2], *Dong Fang*[1], *Li Jiong-wei*[2]

(1. *School of Material and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Rare Earth Steel Plate Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The control of w[N] in liquid steel is the important factor affecting the quality of auto sheet. In the paper, the factors affecting the w[N] in liquid steel and control measures during the smelting process with converter are discussed combining with the production process characteristics of 240 t converter of Rare Earth Steel Plate Plant of Baotou Steel. The w[N] in liquid steel supplied from converter to refing is effectively controlled below 25×10^{-6} so that the quality of liquid steel is greatly improved.

Key words: low nitrogen in converter; auto sheet; control of w[N]

进入21世纪,汽车工业的飞速发展带动了汽车用钢的大规模生产。近年来,为适应汽车车身减重、降低材料消耗和节约燃油的需要,对汽车用钢板强度的要求也越来越高。氮作为一种对钢材的性能影响较大元素,氮化物的析出,会导致钢材产生时效和蓝脆现象,造成钢材的屈服极限、强度极限和硬度提高,韧性、塑性、深冲性能和焊接性能下降,另外钢中的氮极易与钢中的钛、铝等元素形成带有棱角的夹杂物,降低钢材的洁净度。钢水中氮的控制贯穿于铁水预处理—BOF—精炼—CC的全过程,基本的控制方法可分为两个方面,即"脱氮+防止增氮"[1]。脱氮的主要任务应在转炉工序的冶炼及出钢过程中完成,而精炼、连铸工序的任务则主要是如何防止或减少增氮(吸氮)。因此对转炉钢水控氮工艺的优

收稿日期: 2018-07-20
作者简介: 徐 龙(1988-),男,内蒙古包头市人,在读硕士,工程师,现从事新产品开发工作等。

化是控制钢中 w [N] 的最重要环节。

1　钢液脱氮的基本原理

氮以原子的形式在钢中的溶解度服从西化特定律:

$$\frac{1}{2}N_2 = [N] \quad (1)$$

$$w([N]) = \frac{K_N}{f_N}\sqrt{P_{N_2}} \quad (2)$$

式中: w [N] —— 钢液中氮的质量分数;

f_N —— 氮中的活度系数;

K_N —— 反应式(1) 的平衡常数;

P_{N_2} —— 与钢液中的氮平衡的气相氮分压。

即钢中 w [N] 与外界的氮气分压力的平方根成正比。C 与 Si 等元素能明显地降低氮在钢液中的溶解度,Ti、V、Nb、Cr、Mn 与钢中的氮有较强的亲和力,能形成稳定的氮化物。在一定条件下,氮在渣钢界面上的吸附是氮在钢液中溶解的限制环节,而钢液中溶解的氧原子是很强的表面活性物质,也能在相界上吸附并与氮原子争夺吸附点。因此,当钢液中含氧量较高时将会降低钢液表面吸附氮的速度,所以氧化性钢液与还原性钢液相比,氮的溶解速度更低。

2　影响 w [N] 的工艺研究

2.1　枪位控制

图 1 为转炉吹炼枪位控制图。在转炉开吹时,枪位控制尽量偏高一些,以增加渣中的 w(FeO) ,保证炉内的散装料尽早充分熔解,均匀地覆盖在钢水表面,避免钢水与空气直接接触。(包钢稀土钢板材厂转炉的开吹枪位为2 600 mm,过程最高枪位提高至 2 300 mm) 。

转炉冶炼过程中炉内形成良好、持久的泡沫渣非常重要。泡沫渣覆盖钢液,降低了空气中的氮向钢液的传输。通常,空气中的氮在钢液中的扩散率是在泡沫渣中的两倍。冶炼过程中要维持良好的泡沫渣,必须合理控制枪位变化,对渣中 w [FeO] 和 w [MgO] 及时分析、调整。

终点拉碳时,随着碳氧反应减弱,枪位要控制的低一些,以保证脱碳速率维持在一个相对高的水平,尽可能地降低钢液中 w [N] ,同时还要保证终点温度和成分的均匀,工艺要求比吹炼后期枪位控制再降低 10 ~ 20 cm。

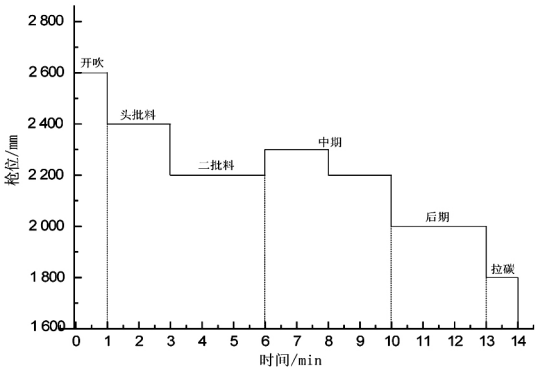


图 1　转炉吹炼枪位控制图

2.2　终点控制

通过对不同冶炼终点碳的比较可发现 w [C] = 0.18% 左右的钢液比终点 w [C] = 0.06% 左右的钢液 w [N] 明显低约 0.002%,图 2 是转炉 w [C] 、w [N] 对应关系。造成这种差别的原因主要是由于钢液 w [C] 对钢液中氮的活度系数影响最大, w [C] 越高,氮的活度系数越小,氮在钢中的溶解度就越小。

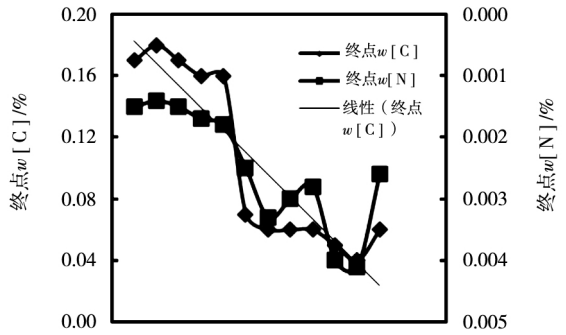


图 2　转炉终点 w [C] 、w [N] 对应关系

通过对转炉吹炼各阶段取样分析,转炉内的 w [N] 在开吹过程中急剧下降,当硅锰基本氧化完全时钢水中 w [N] 达到(25 ~ 40) $\times 10^{-6}$,在脱碳期间则缓慢下降,在 w [C] 为 0.20% 左右时降至最低,约为(10 ~ 15) $\times 10^{-6}$,随着脱碳的继续进行开始缓慢上升,当 w [C] < 0.05% 时 w [N] 开始急剧增加,所以终点 w [N] 应控制在 0.05% ~ 0.06%,避免过低。

转炉吹炼结束后,由于温度或成分未命中,再次下枪补吹,此时处于后搅拌时期,特别是补吹开氧时,因炉内渣位较低,当钢水液面重新被吹开,钢液与空气大面积接触,造成增氮。补吹一次 w [N] 增

加$(5\sim10)\times10^{-6}$，补吹两次 w[N] 增加 20×10^{-6} 以上[2]，而且补吹后钢中氮离散度很大，因此在超低氮汽车钢的冶炼中，消除补吹是操作控制重点之一。

2.3 底吹控制

冶炼低氮钢时，底吹的供气模式由普通钢种的氮氩切换模式调整为全程吹氩模式。在吹炼前期采用较大的供气强度，以加强熔池的搅拌，促进碳氧反应的进行；在碳氧反应激烈的中期，生成大量的CO气泡，适当降低底吹供气强度也可达到较好的脱氮效果；在吹炼中后期，碳氧反应减弱，再适当增加底吹供气强度，通过底吹氩气及时补充熔池中的气泡，以减缓转炉冶炼后期由于碳氧反应减弱造成的增氮的现象。

2.4 铁矿石控制

在转炉吹炼期间加入一定量的铁矿石能够降低终点的 w[N]，因为加入的铁矿石所产生的一氧化碳气泡在钢水内形成核心，钢水中的气体能迅速与一氧化碳聚集到一起，通过一氧化碳的上浮而排出钢水。在不改变其它条件的情况下，加入铁矿石的数量与终点 w[N] 成反比关系，加入铁矿石的数量越多，终点 w[N] 越低。由于转炉终点 w[N] 最低为$(10\sim15)\times10^{-6}$，所以加入铁矿石的数量35 kg/t为最佳，加入铁矿石数量过多只会降低温度而对终点 w[N] 无太大影响。由于少渣冶炼工艺转炉热量不是特别富余，一般是在进行TSC测量后加入800 kg左右的铁矿石为最佳，见图3。

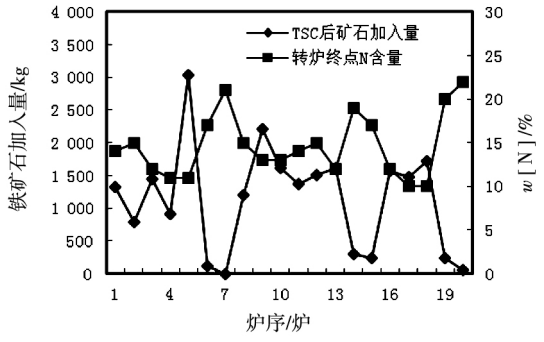


图3 TSC后加入矿石对N的影响

2.5 出钢控制

出钢前2 min提前进行钢包底吹氩，驱除钢包内的空气，避免出钢过程中钢水与空气接触造成增氮；同时在出钢过程中，控制底吹氩气量保证使不裸露钢水液面。出钢过程不进行脱氧及合金化操作，因为钢液中 w[O] 是表面活性元素，它能阻止空气中$\{N_2\}$向钢液中溶解扩散，若钢水中 w[O] 过低，容易造成钢水从大气中吸氮严重。在出钢1/4时，加入500 kg小粒石灰来实现钢包顶渣；出钢结束后，在钢包表面加入一定量的熔渣改质剂，从而有效地控制了出钢过程的增氮。加强出钢口的维护也是防止增氮的重要措施，出钢口时间过长及出钢口散流都会使出钢过程中 w[N] 的增加，所以在日常的出钢口维护中要做到规圆不散流[3]，同时保证新下出钢口不冶炼汽车板。

2.6 其它控制

转炉在零位时严禁打烟道浮渣，避免钢水裸露增氮；同时要保证氧枪等设备的严密性，避免窜入氮气的情况发生；转炉测完TSC后不准因温度不足加入硅铁、碳化硅等提温剂。

3 应用效果

在稀土钢板材厂汽车板产品生产初期，转炉终点 w[N] 平均控制水平为 35×10^{-6}，连铸板坯 w[N] 平均控制水平为 40×10^{-6}，最高达 60×10^{-6}。

通过采取上述控制措施，对今年生产的30炉汽车板炼钢各工序进行取样分析，对比2017年工艺优化前各工序终点 w[N]，转炉供精炼钢水中 w[N] 有效控制在 25×10^{-6} 以下，连铸板坯 w[N] 控制在 28×10^{-6}，表1为采取上述措施后钢水中 w[N] 对比情况：

表1 钢水中 w[N] 对比 %

项目	转炉终点	RH终点	连铸板坯
优化前	<0.002 9	<0.002 0	<0.003 0
优化后	<0.002 5	<0.001 8	<0.002 8

4 结论

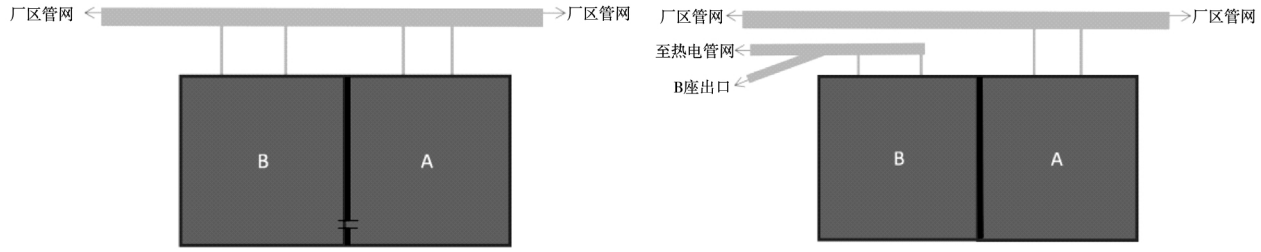
(1) 通过对转炉工序枪位控制、终点控制、底吹控制、铁矿石控制等工艺控制点的研究，总结出了适用于包钢240 t转炉生产的“低氮操作模式”，从而降低汽车板产品 w[N]。

(2) 通过采取转炉“低氮操作模式”，转炉供精炼钢水中 w[N] 有效控制在 25×10^{-6} 以下，为连铸板坯 w[N] 控制奠定了基础，也为低氮汽车板的轧材性能及表面质量的稳定性创造了良好的条件。

(下转第37页)

新水池隔断，分别供水；将回水和地表水回收后统一打入 A 座生产新水池，借助原生产新水管道按原路径供浮选药剂配置、滤布冲洗及其它生产新水用水点；B 座生产新水管道出口接三通，1 支与热电管网对接供热电作业部使用；另 1 支与丁基黄药、铌浮选药剂和铁正浮选药剂配药水管道对接，供配药使用。

改造前后对比见图 1。



（a）原设计供水图　　（b）改造后供水图

图 1　改造前后对比

4　结论

（1）回水、地表水可以代替生产新水用于配置铁反浮选、稀土浮选、混合浮选、萤石浮选药剂。回水与生产新水全盐量接近，地表水全盐量偏高，一些回水与地表水的氯离子较生产新水偏高，回水与地表水对设备腐蚀性较生产新水大一些。

（2）采用回水、地表水代替生产新水使用，只需将原设计 2 座生产新水池隔断，B 座生产新水管道出口接三通，1 支与热电管网对接；另 1 支与丁基黄药、铌浮选药剂和铁正浮选药剂配药水管道对接；现场改造工程量小，实施方便。

（3）回水和地表水代替生产新水使用，可以减少生产新水补水量 200 ~ 250 m^3/h，节约成本，获得可观的经济效益；同时，尾矿水零排放，避免污水外排给周边环境造成污染。

参　考　文　献

[1] 余必敏. 工业废水处理与利用 [M]. 北京：科学出版社. 1979.

[2] 朱建光，周艳红，周菁. 2012 年浮选药剂的进展 [J]. 矿产综合利用，2013，(03)：1 – 3.

（上接第 28 页）

参　考　文　献

[1] 王华. 钢种氮含量控制技术研究 [J]. 江苏冶金，2008，36(1)：11 – 13.

[2] 曹盛. 超低氮钢转炉终点氮含量控制 [J]. 河北冶金，2015，(10)：14 – 17.

[3] 操志强. 梅钢纯净钢冶炼降低氮含量工艺分析 [J]. 梅山科技，2008，(3)：50 – 52.