

钢水过氧化原因分析及危害

张庆奇 邓 勇

(马鞍山钢铁股份公司)

摘 要 从溅渣护炉操作、产品质量、冶炼成本三方面阐述了钢水过氧化现象带来的危害,并就造成过氧化现象的原因进行了较为系统的分析,指出原材料供给、生产组织、工艺路线及工艺制度存在的局限性,提出了相应看法和改进措施。

关键词 转炉 过氧化

OVEROXIDATION OF MOLTEN STEEL AND ITS DETERIORATING EFFECTS

ZHANG Qingqi DENG Yong

(Maanshan Iron and Steel Co., Ltd.)

ABSTRACT The deteriorating effects of molten steel overoxidation on slag splashing, product quality and melting cost are analysed, and the reasons of overoxidation are described. It is pointed out that the limitation in the raw materials Supply, production organization, technological route and technology should be removed gradually.

KEY WORDS converter, overoxidation

1 前言

马钢第二炼钢厂现有 25 t 氧气顶吹转炉四座,装入量为铁水 28 t、生铁块 4 t、废钢 4 t,出钢量平均 33 t 左右。实际生产中,钢水过氧化严重、终点 C 命中率低、铁耗高。统计表明,二钢厂终点 C 命中率比较低,这一情况制约该厂经济运行效益的提高。本文从溅渣护炉操作、产品质量、冶炼成本三个方面阐述了钢水过氧化现象产生的危害,就造成过氧化现象的原因进行较为系统的分析,指出在原料供给、生产组织、工艺路线及工艺制度上存在着一定局限性,并在此基础上,提出相应的看法和改进措施。

2 钢水过氧化的危害

钢水终点过氧化、终点碳含量低曾是冶炼的主要特征之一,它严重制约着马钢第二炼钢厂转炉生产和产品质量的进一步提高,对转炉冶炼操作存在以下几方面的影响。

(1) 钢水过氧化严重不利于溅渣护炉操作。严重过氧化的钢水其渣中的(FeO)含量相对较高,而(FeO)对炉渣熔化性温度的影响比较大。在众多的

氧化物中,(FeO)的熔点比较低,约为 1350 ℃,在炉渣中很容易解离出 O^{2-} ,使复杂的 $Si_xO_y^{2-}$ 解体,变成简单的离子,从而使炉渣变稀。另外,(FeO)与炉渣中的(CaO)和(SiO_2)结合成低熔点的硅灰石和铁橄榄石等,这是过氧化炉渣稀的主要原因。这种炉渣的溅渣护炉的效果不理想的,其主要是因为,这种炉渣时这种炉渣很难在炉墙上形成固态的附着层,即使溅渣时间比较长,当炉渣温度冷却到其熔化温度以下后,并在炉壁上形成了附着层,在吹炼初期也很容易转变成液态渣,失去对炉衬的保护。马钢第二炼钢厂炉渣中(FeO)含量比较高,有一部分炉次的(FeO)含量能够达到 30 % 以上,有的甚至更高,这些炉次在溅渣护炉操作中其实是起负面作用。

(2) 终点钢水过氧化直接影响脱氧合金化过程,直接关系到钢坯质量。过氧化钢水中[O]通常在 $(800 \sim 1600) \times 10^{-6}$ 左右,过氧化严重的甚至能够达到 2000×10^{-6} 以上,不难想象,过氧化如此严重的钢水脱氧、合金工艺是非常难控制的。在我厂实际生产中,不可能知道这种钢水中的准确氧含量

联系人:张庆奇,高级工程师,马鞍山(243003)马鞍山钢铁股份公司第二炼钢厂

是多少,所以很难准确计算予脱氧剂、终脱氧剂加入量应该为多少,更难以把握在不同的脱氧条件下合金元素的回收率为多少。在遇到这种情况时,操作工只能凭借经验进行脱氧合金化过程,因此比较容易出现成分出格的现象。另外,即使宏观表现的钢水成分没有出格,但是大量脱氧产物在后续的简单吹氩处理过程时并不能得到充分而且有效地去除,还有很大一部分滞留在钢水中,形成钢坯中的夹杂。有实验表明,马钢第二炼钢厂钢坯中夹杂物含量平均在0.0050%的水平,而过氧化钢水浇注出的钢坯夹杂物含量高出平均水平一倍以上,达到0.0110%左右。可见,钢水过氧化对钢坯宏观质量、微观组织结构都有相当程度的影响,降低钢水过氧化程度是提高钢质量的重要前提。

(3) 钢水过氧化直接影响到原材料消耗和冶炼成本。过氧化钢水是在铁水中发热元素(主要指Si、C)氧化到极限后,进一步氧化大量的铁元素而造成的。这无形中增加了钢铁料消耗,也降低了脱氧剂、合金元素的回收率,增加了冶炼成本。

总之,钢水过氧化不利于炉况维护、不利于钢质量的提高、也不利于冶炼成本的降低,要从根本上扭转这一局面,做到溅渣不补炉或尽量少进砖,减少待复、待处理,提高钢坯质量,进一步降低冶炼成本,就必须分析出造成钢水过氧化的原因,并据此进行相应的调整以减少钢水过氧化的危害。

3 钢水过氧化形成原因的分析及防范措施

在实际生产中,造成钢水过氧化现象的原因比较多,如原材料条件、现场操作、生产组织、工艺制度等。

(1) 原材料条件

在实际生产中,原材料条件极不稳定会给冶炼操作带来严重的影响,同时对冶炼成本、产品质量也会有相当严重的影响。如使用的石灰活性度达不到技术要求,生烧、过烧率比较大,在吹炼过程中,极易造成吹炼后期“拉磷”现象。由于吹炼后期熔池温度比较高,不利于脱磷反应的顺向进行,以至于补吹时间长,钢水过氧化。石灰中S高也是造成钢水过氧化的原因之一。

废钢条件不稳定、分类不够精细、块度不均匀也是影响冶炼控制的重要因素,废钢条件差也是影响生产节奏的重要因素。在实际操作中,经常会遇到由于废钢块度比较大加不进炉内的情况,还有的在倒炉时尚未熔化,成块粘接在炉底,影响了冶炼操作

和生产节奏,同时出现后期拉温度的现象,使得终点控制目标难以实现,形成钢水过氧化,终点碳偏低的现象。特别是使用一些化学成分严重超标的炼钢用生铁迫使炉前大幅度调整操作方式,尽管如此,还是有部分冶炼炉次出现“拉硫”现象,而此时要保碳出钢几乎是不可能的,绝大多数情况的终点严重过氧化。

原材料条件不稳定是马钢第二炼钢厂推广标准化操作的癌结所在,也是转炉操作水平难以提高,转炉炼钢自动化程度难以提高的限制性环节。所以,应该严把原材料进厂关,尽量保证入炉的原材料在理化性能和物理形态上基本保持一致,并以此为基础,稳定炉前冶炼操作,推广标准化操作模式,实现高自动化程度的转炉炼钢,提高转炉冶炼终点命中率,改善钢水质量。

(2) 现场操作

现场操作不当表现在很多方面,主要是不能够及时准确判断炉内反应进行的程度,没有适时调整枪位,炉渣没有充分化透,补吹时间较长,导致钢水过氧化。操作水平的提高关键在于操作者对操作过程的细致观察和日常的经验积累,同时积极开展“帮、传、教”的活动,充分发挥工人技师、技术人员的实践和理论优势,帮助操作者分析解决实际操作中遇到的问题,不断提高操作水平。

(3) 生产组织

在马钢第二炼钢厂的现有条件下,现场生产调度对炼钢转炉生产具有相当的影响力,现场生产组织的紧凑与否也很大程度上决定了炉前操作的能耗和钢水质量。反之,转炉、连铸作业区的生产顺行程度高低也影响生产组织和协调的有效性。在实际生产过程中,有时采用连铸机压钢水等手段来缓冲生产压力,调节生产节奏,这时就要求炼钢的钢水温度比较高,才能够满足生产的需要,发生钢水过氧化的概率也就更大。尽管这种方式在一定程度上能够解决生产紧张的矛盾,但是危害也是明显的,除了能耗高、设备维护成本高之外,也会发生因在钢包加钢坯冷却使得钢包堵死的生产事故。总之,降低出钢温度是炼钢、连铸生产的大趋势,也要通过不断提高调度水平才能得到保证。

(4) 工艺制度

由于马钢第二炼钢厂产量压力比较大,但是铁水资源不足,在实际操作中,采取了加大废钢用量的手段来弥补铁水不足,而实际上这种装入制度带来

的另一个负面影响,即终点碳命中率低,钢水过氧化的比例较高,危害相当严重。为了说明我厂部分工艺路线、工艺制度存在的一定局限性,以下就以马钢第二炼钢厂的原材料条件、部分工艺制度(不包括温度制度)、生产条件、工艺条件为基础,计算马钢第二炼钢厂的物料平衡和热平衡,借此说明马钢第二炼钢厂部分工艺路线、工艺制度存在的一定局限性,在此基础上粗略分析了此种装入量条件下的钢铁料消

耗增加,同时提出一些相应的改进措施和方法以供借鉴。

4 马钢第二炼钢厂物料平衡、热平衡计算

4.1 原始数据(表 1、2)

金属料	C	Si	Mn	P	S	V	Ti
二铁铁水	3.85	0.53	0.15	0.16	0.035	0.24	0.22
普碳废钢	0.18	0.22	0.45	0.03	0.030		

表 2 终点钢水成分、温度及终渣成分

项目	终点钢水成分/%							终点温度/℃	终渣灰度	终渣成分/%	
	C	Si	Mn	P	S	V	Ti			FeO	Fe ₂ O ₃
倒炉设定	0.08	0.01	0.05	0.02	0.025	0.07	0.02	1675	2.33	13.3	8.3

4.2 其他工艺条件设定

在物料平衡和热平衡计算中,工艺参数作如下假设。

- (1) 气化去硫量为总脱硫量的 1/3;
- (2) 金属中[C]90 % 氧化成 CO,10 % 氧化成 CO₂;
- (3) 补炉料消耗依据马钢第二炼钢厂的实际情况,设定补炉砂为 1.37 kg/t、补炉砖为 3.17 kg/t、喷补料为 1.55 kg/t;
- (4) 石灰加入量设定为吨钢 45 kg;
- (5) 白云石的加入量为铁水量的 2.0 %;
- (6) 烟尘量为铁水量 1.16 %,其中 FeO 为 75 %,Fe₂O₃ 为 20 %,温度为 1450 ℃;
- (7) 喷溅量为铁水量的 0.9 %;
- (8) 氧气含 O₂ 为 99 %,其余为 N₂;

(9) 炉气中自由氧含量占 1.0 % (体积百分比),炉气温度为 1450 ℃;

(10) 终渣温度与终点钢水温度相同,渣中铁珠为 9 %;

(11) 收入和支出两项有关物理热的计算,均以冷料温度(假定为 25 ℃)为起点;

(12) 一般认为气体(O₂、H₂、N₂)使纯铁凝固点下降 2 ℃左右,而它们与其它元素在一起时,又能综合降低凝固点 5 ℃,因此,由于气体的影响使纯铁凝固点大约下降 7 ℃左右;

(13) 总废钢加入量二钢厂按 125 kg 废钢/吨铁、125 kg 生铁/吨铁;装入制度按照铁水 28 t、废钢 4.0 t、生铁块 4.0 t 设定;

(14) 设定所有渣料在一倒前加完。

4.3 物料平衡及热平衡计算

物料平衡及热平衡计算结果见表 4 和表 5。

表 4 加废钢的物料平衡总表

项目	收入		项目	支出	
	质量/kg	百分比/%		质量/kg	百分比/%
铁水(铁块)	100.000	77.72	钢水	102.261	79.71
废钢	12.500	9.72	炉渣	12.906	10.06
石灰	4.500	3.50	炉气	9.367	7.30
白云石	2.000	1.55	喷溅	1.000	0.78
补炉料	0.609	0.47	烟尘	1.600	1.25
氧气	7.551	5.87	渣中铁珠	1.162	0.91
铁矿石	1.500	1.17			
合计	128.660	100.00	合计	128.295	100.00

5 结语

形成马钢二钢厂终点钢水碳含量低,钢水过氧化严重的主要原因有以下几点。

(1) 原材料条件极不稳定;

(2) 操作水平不高;

(3) 生产调度系统不够完善;

(4) 装入制度存在一定的局限性。

为有效地消除钢水过氧化现象,降低其带来的

危害,应该加强以下几方面的工作。

一是严把原材料进厂关,保证炼钢用原材料理

表 5 总热收入、热支出平衡表

收入			支出		
项目	热量/kJ	百分比/%	项目	热量/kJ	百分比/%
铁水物理热	102082.5	50.02	钢水物理热	147890.8	71.01
元素氧化热及成渣	96226.5	47.15	炉渣物理热	29273.2	14.06
烟尘氧化	5413.7	2.65	炉气物理热	15176.7	7.29
补炉料中碳氧化热	355.1	0.17	烟尘物理热	2605.3	1.25
			渣中铁珠物理热	1679.8	0.81
			喷溅金属物理热	1446.2	0.69
			其它热损失	10203.9	4.90
合计	204077.8	100.00	合计	208275.9	100.00

化性能的稳定。

四是适当调整装入制度或利用相关的技术措施

二是进行有效的实践和理论培训,提高操作者的操作水平。

以提高铁水的入炉温度。

三是改善生产调度手段,作到现场调度更科学、更紧凑、更精确。

五是适当调整造渣制度和相关考核,采用少渣炼钢,尽量减少大渣量带走的热量损失。