

炼钢生产中转炉炼钢脱氧工艺思考

陈新文

安阳钢铁集团有限责任公司

DOI:10.12238/jpm.v4i7.6109

[摘要] 随着钢铁行业竞争的愈演愈烈,各钢材公司开始强化对质量与成本的管理,怎样改进与使用先进的生产工艺,改善质量,降低生产成本,已变成目前钢材公司保存实力,赢得发展的关键。在转炉炼铁生产中,氧气的产生是必然的,因此熟悉各种去氧方式,在此基础上做好对去氧处理技术的改造与使用,可以有效改善对钢液去氧管理的有效性。在提升炼钢质量的同时,大大降低了成本,从而使炼钢生产能够更加有序、高效率地开展。本文就是基于这种视角,着重就炼铁生产过程中转炉炼钢的脱氧工艺技术进行研究。

[关键词] 炼钢生产; 转炉炼钢脱氧; 工艺思考

Thinking on deoxygenation process of converter in steelmaking production

Chen Xinwen

Anyang Iron and Steel Group Co., LTD., Henan Anyang 455004

[Abstract] With the increasingly fierce competition in the steel industry, the steel companies began to strengthen the management of quality and cost, how to improve and use advanced production technology, improve quality, reduce production costs, has become the current steel companies to preserve the strength, the key to win the development. In the production of converter iron, the production of oxygen is inevitable, so I am familiar with various deoxygenation methods. On this basis, the transformation and use of the deoxygenation treatment technology can effectively improve the effectiveness of the steel liquid deoxygenation management. At the same time of improving the quality of steelmaking, the cost is greatly reduced, so that the steelmaking production can be more orderly and efficient. Based on this perspective, this paper focuses on the deoxygenation technology of converter steelmaking in the process of iron making.

[Key words] steelmaking production; converter steelmaking deoxy; process thinking

钢液去氧处理也是生产转炉炼钢过程的关键环节,因为钢液去氧的处理结果直接关系到炼铁产品和炼钢产品的质量。若钢液中存在较高的氧气的话,就会导致钢制品的塑性形减弱,内气孔扩大,结构组织松散,并容易形成热脆现象,从而严重影响钢制品的生产质量。所以,通过对转炉生产冶炼钢的热脱氧处理,控制转炉的终点氧气浓度是提高炼钢质量的一个关键原因。

一、转炉冶炼及脱氧概述

往钢中添加去氧元素,使其和氧气进行化学反应,可以得到不溶于钢水中的脱氧物质,并在钢水中上浮入铁渣中,钢中氧气浓度可以满足所冶炼钢种的条件,这种工序就叫做去氧。用于调节钢中合金元素含量以满足各炼钢品种规格的成分范畴,往钢中添加所需要的铁合金或金属的主要方法就是合金化。一般来说,高锰铁和硅铁既当作去氧剂应用,还是合金化物质。一些合金则只能当作去氧剂应用,如硅钙合金,硅铝合

金和铝等^[1]。冶炼含有氧化铝的钢种,氧化铝就是主要合金化元素。另有部分合金则只进行合金化,如铬铁、铌铁,钒铁,钨铁、钼铁等。但在一般状况下,除氧和合金化的工作都是一起完成的。氧气顶吹旋转的高炉熔炼钢铁流程,主要是减碳、高温化、脱磷、脱硫,包括去氧和合金化等高温物理反映的流程,其工艺技术动作则包括调节装料、调整供氧技术、造渣、升温 and 加入合金材料等,以达到所需要的钢液温度,并浇成正确钢锭或铸坯。从装料到出完钢、倒完渣结束,整个转炉-炉钢的冶金流程分为装料、吹炼、去氧出钢、溅渣护炉、倒渣等若干步骤。每炉钢的吹氧持续时间一般为 12~18min 为宜,熔炼持续时间(相邻二炉之间的间隔时刻,即从装料起始到装料起始或是从出钢毕到出钢毕)一般为 30~40min 为宜^[2]。

吹炼的前三分之一到四分之一时,硅、锰迅速氧化物至很低的浓度。在碱式操作时,硅快速氧化铁得较完全,锰则在吹炼后期才有明显回升迹象;在硅、锰氧化的过程中,碳也被进

一步氧化物。在硅、锰氧化过程基本完成后,随熔池温度增加,碳的氧化物速率也急剧增加。碳含量小于百分之零时一五后,脱碳力量也趋减弱。在开吹后不久,由于硅的数量减少,磷被大量氧化,但在吹炼中后期磷的速率却趋于减缓,甚至有回升迹象。硫在开吹后减少得很明显,吹炼后期的速率提高。渣块成分也与钢中元素的氧化程度、成渣状况等相关。渣中Ca零浓度、碱度随冶金时期的长短而逐渐增加,中期上升速率稍缓些;而渣中氧化铁浓度前后期均较高,中期则随脱碳速率的增加而下降;渣分SiO₂, MnO, P₂O₅;含量根据钢中Si, Mn, P氧化的量以及熔渣中其余组分浓度的变化。在吹炼工艺中金属熔池加温一般分成3个步骤:第一步加温速度极快,第二步加温速度趋慢,第三个步骤加温速度又加大。熔池中的渣块工作温度一般较金属温度大约高出20-100°C。而按照熔融液成份与工作温度之间的差异,吹炼流程可分成三期:硅锰氧化物期(吹炼前期)、碳氧化物期(吹炼中期)、碳氧化末期(吹炼末期)^[3]。

二、氧在炼钢中产生及危害分析

在炼钢液中,氧通常都是以一种非金属夹杂体的方式出现,有的甚至是以溶于空气的形式出现,氧主要来自于原料中和吹氧炼钢的制造流程中。不管哪一个,炼钢的过程是要想去除里面的某些物理化学杂质,比如碳、磷、硅、锰等等元素就必须利用里面的氧化物,形成一个氧化过程,把氧化物与相应的污染物相互有效的融合到一起,从而形成氧化合物,使污染物被分解。钢液中氧气的生成是必然的,所以在吹氧炼铁的整个流程中,要伴随着钢液中氧化物和杂质含量的减少,对钢液中氧的化学含量就会有提高性的作用,而一旦钢液中的氧化物不能进行高效的处理后,氧含量就相当高的钢液在凝结的整个流程中就会与现有的钢液进行化学反应,结晶,从而生成大量氧化亚铁,随着这些氧化亚铁物质在钢液中形成,铸坯遭到了损坏,对钢制品的质量就会造成了直接上的危害,更严重时还会形成变色的情况,有热脆出现时,还可能会使钢材形成进一步的抗氧化问题^[4]。钢液当中存在着非常多的氧化物含量会让对硫的影响被进一步加大,从而不断的引起化学反应,产生各种氧化物杂质,并夹杂在钢体之中,这种现象的发生一般都会对钢铁产品的热力学性能产生重大影响。在钢液冷凝的流程当中,由于钢液水解氧之后与钢液当中的碳就会进行物理生化反映,因此形成了这种为一氧化碳气泡的化合物,在分解之后气泡在钢液之中进行了物理生化反映,从而形成了钢液的高沸点现象,而钢液之中充氧量非常高所带来的结果便是对空气中一氧化碳的影响研究增加,也因此钢液的高沸点现象也将会越来越明显。钢液在脱氧过程中的程度有所不同就会有不同程度的沸点情况产生,基本按照沸点也可以分成很多种不同的钢铁,主要有镇静钢、半镇静钢和沸点钢。

钢液中,如果是含有大量一氧化碳气体,钢锭中在结构成分上的各种化合物就会疏松地变得,从而出现了密度降低的现象,钢材的硬度也遭到了损坏。对于这样的情况就必须采取脱氧的管理措施,通过这种措施的运用可以对钢液进行更多的脱

氧管理,从而进一步的让钢液中的氧气浓度进行更合理的降低。而一般来说,如果是镇静钢,含氧量必须在百分之零点零零五左右,而沸腾钢的含氧量必须在百分之零点零二五-百分之零点零三零之间,要想更进一步的对钢液的沸腾情况进行更合理的管理就必须做进一步的分解,使钢坯和钢锭的组成都能够与刚组织的温度要求相符合,从而最大限度上保证了钢产品的强度和品质。

三、脱氧工艺应用

沉淀去氧法和扩散脱氧法都是冶金及钢铁等去氧工序中最基础的技术,在进行脱氧操作之前,均必须使用脱氧剂。常见的去氧元素为锰、硅、氧化铝等,在去氧过程中和氧气进行化学相互作用形成各种氧气物质,并以此实现减少钢液中氧气排放的目的。

(一)沉淀脱氧法

沉淀脱氧法使用最为简便和直观,即将去氧剂加入钢液中,使去氧剂通过和空气进行物理生化反映,形成各种金属氧化,从而实现将空气和钢溶液完全分离的去氧还原的目的。该办法产生的去氧效率较高、脱氧速率快,且不影响冶金时效等特性,缺陷是对脱氧剂的脱氧性能和对去氧产物的迅速排出要求都较高,若无法将去氧产物很好地上涨幅度、迅速排出那么,将很极易使钢液伴随着氧化亚铁的分解还原,形成新的氧化物Fe₂O₃,环境污染了钢液^[5]。

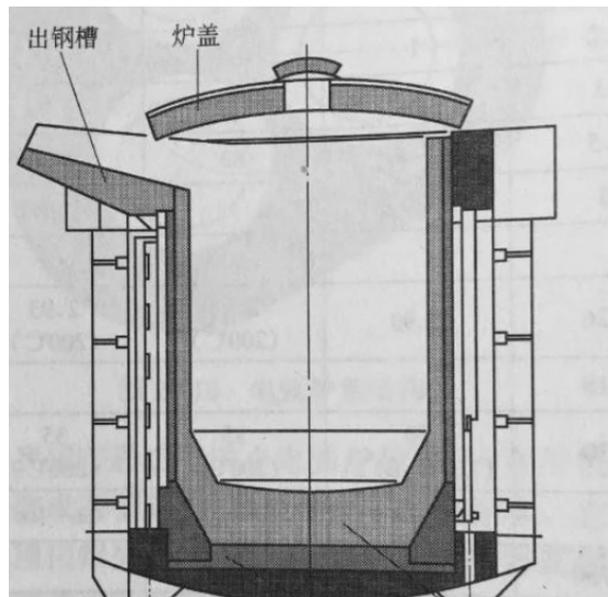


图1 沉淀脱氧法

(二)扩散脱氧法

扩展脱氧法,是指通过在焊渣中加入脱氧剂与钢液中的Fe₂O₃化学反应,使得钢液中的Fe₂O₃迅速向焊渣中弥散,进而降低钢液中Fe₂O₃的浓度,以实现使钢液完全去氧的目的,通常用作炉外精炼及电炉还原处理期。在实践使用中,由于钢液中的氧气向焊渣中进行了迁移、扩展,从而使焊渣中的Fe₂O₃逐步增多,因此为了提高对焊渣持续的扩展去氧能力,使Fe₂O₃可以不断地向焊渣中扩展,就必须在焊渣中继续加入脱氧剂。

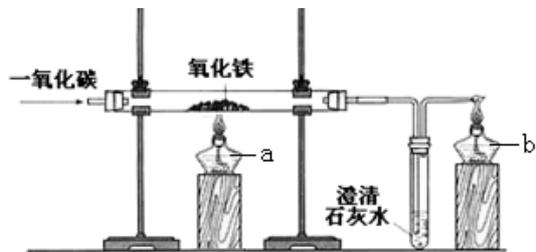


图2 扩展脱氧法

(三) 真空脱氧法

真空脱氧法是采用抽最大真空度空气的方法,使钢包中的钢液处在高真空的气氛状态下,并以此破坏了钢液中的碳氧平衡,进而使得钢液中的氧气和碳进行了生化反映,进而产生大量CO气体逸出钢液,并以此取得去氧作用。在真空去氧过程中还可吹入一些放射性物质,如即氧等,并对钢液加以搅动,进而促使了钢液中的碳氧反应平衡和一氧化碳气体的产生。又因为真空去氧法的主要去氧物质是CO,所以没有产生对钢液的危害,而CO气体的逸出又能够增加空气对钢液的搅动,使反应完全,去氧彻底,减少了去氧剂和硅灰的损耗,因而节约了生产成本。在过氧化炉次每炉钢也可成本三千元以下。这种方式由于脱氧效率高、投资成本低的优势在转炉熔炼钢的脱氧过程中获得了应用^[6]。

四、脱氧工艺优化实践

炼钢中首先使用硅去氧,它的出现也催生了镇静钢技术。硅去氧的致命缺陷就是:硅的去氧力较弱,经硅脱氧的钢材常存在着去氧不彻底的现象,钢的皮下泡沫也很多;硅去氧化物后,钢中的夹杂主要为较大型硅酸盐所夹杂,对钢铁机械性能有不良的影响;去氧物质Si二则是强酸式化合物,易使钢水返磷、回硫。20世纪30年代,电解铝设备和工艺技术趋于完善,铝价下降,出现了炼铁用铝除氧工艺技术,产生了炼铁去氧工艺技术的变革。中国首先开始采用A一作为终脱氧剂。因为A一具有很大的去氧力,用它作为初脱氧剂,可以使得生钢水里的氧脱在很低水准。与硅去氧比较,其不仅去氧完全,还大幅度降低了钢中Si二的夹杂,同时又因为其去氧产物A一千二百零三也是中性产物,不降低了钢渣pH值,也不宜使钢水返磷、回硫。直到现在,美国国内的各种炼钢厂仍大部分使用铝合金(或含铝合金)作钢水的最终脱氧剂。因为Al的比例很小,

所以氧化铝的回收率也很低,仅为百分之十到百分之二十五,导致了炼钢生产成本的高昂。为进一步提高氧化铝的利用效率,各钢厂也纷纷进一步发展了硅铝铁、铝锰铁、硅铝钡等铝系综合脱氧剂。铝系综合脱氧剂的密度一般大于纯氧化铝的密度,在添加到钢液中后有比较充分的时效上浮,因此大大提高了A一组的利用效果,而且去氧产物也成为了低熔点的复合氧化物,为去氧物质的除去提供了必要条件。但是,由于自适应逻辑中去氧的脱氧产物是与Al₂O₃链条性夹杂,它对钢的机械性能,尤其是冷加几和疲劳特性影响很大。为了克服这一问题,人们产生了可以对夹杂物质形状加以修改和限制的非铝系复合型去氧剂。

结束语

综上所述,随着世界钢材公司对国际竞争的愈演愈烈,各钢材公司也纷纷强化了对质量与成本的管理,而如何改进并采用更先进的生产工艺,以改善质量,降低生产成本,已变成目前钢材公司保存实力,赢得长期发展的关键。在转炉冶金与钢材等工业生产中,氧气的产生是必然的,因此人们首先就应该认识氧气对炼钢产量和钢材质量的影响,并熟悉各种去氧方式,而在此基础上加强对去氧处理技术的改进与使用,就可以有效改善对炼钢液去氧处理的效率。在提高炼钢质量的同时,进一步降低了生产成本,从而使炼钢等工业的生产活动能够更加有序、高效率地开展。

[参考文献]

- [1]陈焕建,程洪波,李腾腾. 炼钢生产中转炉炼钢脱氧工艺的探讨[J]. 中国机械, 2019(4):95-96.
- [2]李彦杰,付春才. 浅析炼钢生产中转炉炼钢脱氧工艺[J]. 中国金属通报, 2020(5):137-138.
- [3]杜增路. 对炼钢生产中转炉炼钢脱氧工艺的探讨[J]. 世界有色金属, 2017(4):35-36.
- [4]夏雪生. 炼钢生产中转炉炼钢脱氧工艺的分析[J]. 中国金属通报, 2019(9):23-24.
- [5]孙惠. 对炼钢生产中转炉炼钢脱氧工艺的探讨[J]. 数字化用户, 2018, 24(2):253.
- [6]严敏,操瑞宏,孙乐飞. 对炼钢生产中转炉炼钢脱氧工艺的探讨[J]. 中国金属通报, 2018(12):109-110.