

转炉顶底复合吹炼 译文集

(三)

抚顺新抚钢厂

(内部资料 注意保存)

责任编辑: 裘 孝 民

编 辑: 《新抚钢科技》编辑部

编辑部地址: 辽宁省抚顺新抚钢厂技术
情报室

出版发行: 辽宁省抚顺新抚钢厂技术
情报室

电 报: 6993
电 话: 89251转544

印 刷: 沈阳有色冶金设计研究院印刷厂

出 版 日 期: 1984年10月

目 录

1. 氧气炼钢的现状和展望.....	(1)
2. 琼斯——劳林钢公司底部搅拌4000炉操作实践.....	(24)
3. K—OBM和KMS工艺与BOF和有底部搅拌的 BOF 工艺之间比较.....	(31)
4. 转炉炼钢中利用煤降低铁水消耗.....	(45)
5. 关于复合吹炼转炉用的耐火材料.....	(50)
6. BOF转炉采用复合吹炼方法提高废钢比和金属收得率.....	(53)
7. 在顶底复合吹转炉冶炼铁素体不锈钢.....	(68)
8. 用预处理后的铁水冶炼铬系不锈钢.....	(75)
9. 冶炼不锈钢的新工艺.....	(84)
10. 复合吹炼转炉冶炼低碳钢.....	(96)
11. 通过试验转炉探讨超低碳钢的冶炼法.....	(101)
12. 转炉内的脱P反应特性.....	(102)
13. 关于转炉P分配的热力学的考察.....	(104)
14. 少量渣的顶底吹转炉的冶炼特性.....	(106)
15. 顶底吹转炉用脱Si、脱 P 铁水吹炼的特性.....	(107)
16. 福山第二炼钢厂烟气回收的控制装置.....	(109)
17. 顶底吹转炉的底吹喷咀的研制.....	(111)
18. 底吹搅拌气体量对转炉渣中 (T.Fe) 的影响.....	(112)
19. 底吹转炉喷口周围凝铁的生成机理.....	(114)
20. 转炉吹炼精确度提高使直接出钢量扩大.....	(116)
21. 开发复合吹炼的自动吹炼技术.....	(118)
22. 捷尔任斯基工厂氧气转炉车间主要设计方案.....	(120)

氧气炼钢的现状和展望

A Chatterjee et al

概要:

概述了包括新近复混吹炼* 技术在内的各种氧气炼钢工艺的现状。试图利用获得的数据定量地描述复混工艺超于纯顶吹或底吹的优点。可以预料, 通过底部惰性气体搅拌或喷吹少量氧气的复混吹炼将继续越来越受人们欢迎, 并将成为生产普通钢以及包括低碳钢在内所有钢种最常见的办法。

从1949年到1979年三十年期间, 世界每年的钢产量从一亿九千万吨增加到近七亿五千万吨。七九年后, 钢产量又逐渐减少, 这种缩减在工业发达的国家更为明显。历来构成世界钢铁生产大户的美国、苏联、日本和欧洲经济共同体在1950年时的钢产量几乎占世界总产量的90%, 当进入八十年代后, 下降到近65%。钢产量的分布发生明显变化的原因是众所周知的。其主要原因是由于世界部分工业发达的国家近年来经济不景气。另外, 在世界的地图上涌现出一些发展中国家。在同时期世界炼钢的情形发生了另一个主要变化, 那就是由氧气转炉炼的钢的百分率逐渐增加。在五十年代时, 氧气炼钢还不被人所熟悉, 到1960年其产量还不到世界总产量的5%、到七十年代其百分率达到40%, 而到目前已超过50%。由于适用性和能量的价值越来越重要, 可以预料到, 在将来氧气炼钢必然将继续发展下去。但是, 难以预料到的是哪种氧气炼钢工艺能够得到优惠待遇。

早在60年代, 顶吹LD(也有BOF和BOP的名字, 但本文用LD)工艺及其伴随而来的为处理高磷铁水的变型LD-AC(OLP)处于绝对垄断地位。但到七十年代初期, 其优先地位突然受到底吹OBM(也有称之为Q-BOP和LWS等, 本文采用OBM)工艺的挑战, OBM法是全部氧从炉底进入的工艺。这种氧气进入炉中方式的根本变化由于发明了具有碳氢化合物保护氧气的环形套管才使其可能, 并很快产生所预期的工艺优点。熔池中渣铁氧化度降低, 提高了钢的和铁合金的收得率并且吹炼平稳, 容易控制吹炼状态, 消除了飞溅等。由于底吹炼钢法初始发展很迅速, 使不少人认为一种新的炼钢工艺真正地出现, 该为LD工艺铭刻碑文的时代就要接近了。

在以后五年期间, 特别是后三年, 局势又发生了戏剧性的逆转, 从而使以每年吨6000多美元投资新建的一些底吹转炉炼钢车间关闭了, 说这是由于大生产目的最后级别底吹熔炼车间已经建成了(从采用开始还不到十年)也许是公正的。总的形势退缩

* 本文作者对复合吹炼(Combined Blowing)这个术语限定在顶底同时吹氧的工艺上, 认为复混吹炼(Hybrid or Mixed Blowing)描述顶底吹氧及其它流体(包括惰性气体)的工艺更为准确恰当, 因此希读者注意区别——译者注。

已无疑地使炼钢工作者相信经常会“失之东隅，收之桑榆”，新的投资效益不总能得到经济上的证明。由于两种工艺的原理明显不同，炼钢工作者开始认识到条件的最佳范围也许处于两种工艺之间某处，从而形势发生了基本的变化。因此，出于两种工艺的相对面，已经达到了这种目标。建造良好的 LD 工艺一般已经有把握，吸收底吹气体的某些优点的工艺固有的应变能力已经显示出来。在详细叙述之前，有必要评介顶吹与底吹之间的差别，亦即所有的进一步讨论都限于这两个“路标”之中。

顶吹和底吹的物理学问题

当考虑到顶吹时，必须记住以下几点：

1. 直接将氧送进金属熔池而不在上面通过一层渣是更为合理的。确实，只有努力做到这一点（过去由于涉及到耐火材料侵蚀问题而失败），LD 工艺才能得到真正利用。

2. 当从顶部吹氧时，即使以超音速也会导致喷射的动能在没吹透渣后之前就减弱，因此产生转炉中浓度和温度的不均，而这又是周期性激烈喷溅的主要原因。

3. 在顶吹炼钢中，从炉顶加入的块石灰溶解后，氧化（特别是在脱碳期）反应继续在熔池内及熔池上部金属—渣—气混浊液内进行下去。

4. 因此，有助于形成乳浊体的金属和渣相破离成小微滴是顶吹工艺的一个主要部分。

5. 取决于顶枪的位置，在熔池面上总有一些氧要供给 CO 的二次燃烧。通过控制二次燃烧的程度，可以把废钢/铁水之比改变到某种范围。

LD 工艺的这些主要特征能够引起：

1. 渣中铁损高及熔池含氧量高；

2. 废气中含尘多；

3. 废气中 CO_2 含量高；

4. 难以冶炼含碳非常低的钢。

尽管 LD 工艺看起来有这些限制，但也有它的优点，即：

1. 用一个不作为转炉主体部分分离开的水冷枪供氧，所以供氧的方式简单。

2. 通过改变氧枪的高度有能力控制氧进入金属和渣中的程度。

LD 工艺已被广泛地接受，用大约每吨钢 55 标米³的氧气以 3—3.5 标米³/分·吨的吹炼速度及炉料中 20—25% 的废钢（主要取决于铁水含硅量）冶炼中低碳钢，如图 1—1 所示。

在另一方面，底吹工艺导致：

1. 更为有效地把吹入的氧直接进入熔池形成点火能力（至少是顶吹的 11 倍）。因此，

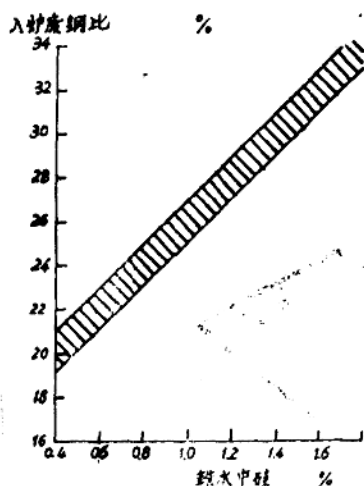


图 1—1 在 LD 炼钢法中作为铁水含硅量的函数的废钢比

没有能引起喷溅的温度和浓度不均的现象，并且氧能得到充分利用，只有一小部分用于熔池上部的二次燃烧。

2. 由于缺少乳浊体，为了冶炼低磷铁水，必须采用粉状石灰与氧一起喷入。因而改变渣——金属的反应机理这种吹炼方法会更高效地继续进行下去。

3. 这种工艺的操作非常接近平衡，从而消除渣和金属过氧化的可能性。

这些特征有助于底吹炼钢操作，有以下几点：

1. 渣中含铁低，铁的收得率高。

2. 由于使用粉状石灰和更好湍流度，因而可获得更好的磷、硫分配系数。

3. 熔池中含锰量高，含氧低，从而可获得更高的合金收得率。

4. 在金属和渣不过度氧化的前提下能生产超低碳钢。

5. 由于底部碳氢化合物保护气体的原因，使钢中含氢量增高。

6. 由于氧化度低及非常有限的二次燃烧，熔化废钢的能力有限。

因而 OBM 工艺被认为是理想地适用于冶炼超低钢 ($0.01 \sim 0.02\%C$) 的工艺。冶炼条件是以 $4 \sim 4.5$ 标米³/(分·吨) 的供氧量及比 LD 法低大约 4% 的废钢装入量，主要是由于缺乏 CO 的二次燃烧的同等程度。

表 1 是上面所描述的顶吹或底吹工艺特征的冶金优缺点的定量总结，从这个表可以看出底吹的优点大于其缺点即有限的废钢利用能力，熔池中氢含量高，但要知道底吹法有着某些固有的特征：

1. 底部喷吹石灰和氧需要相当复杂的气——固喷射设备。

2. 每个喷嘴周围的热平衡是苛刻的，在任一时刻与氧量相抵的冷却剂太多或太少都证明是对喷嘴 (14~22 个) 有害的。

表 1 普通顶吹 (LD) 和底吹 (OBM) 炼钢某些特征值的比较

参 数	LD	OBM
含碳为 0.04~0.05% 时渣中的全铁 %	17~22	10~15
炉尘中的铁损失 公斤/吨钢水	10	2
吹氧量 标米 ³ /(分·吨钢水)	3.0~3.5	接近 5.5
吨钢耗氧量 标米 ³ /吨钢水	48~60	45~55
含碳为 0.04~0.05% 时熔池含氧量 %	0.050~0.080	0.035~0.040
吹炼终点钢中最低含碳量 %	0.04~0.05	0.01
熔池中典型的碳氧积 $C \times O$	29~30	20~22
	(炼低碳钢时差值高)	(炼低碳钢时差值高)
铝的收得率 %	基 准*	+10
含碳 0.04~0.05% 时熔池中含氢量 ppm	2~3	4~5
含碳 0.04~0.05% 时熔池中含氮量 ppm	20~40	15~30
渣与金属的氧位比值	8~10	1
含碳 0.04~0.05% 时熔池含锰 %	0.1~0.15	0.25~0.30

续表

参 数	LD	OBM
石灰反应表面 1000厘米 ² /厘米 ³	100~200	800~1000
含碳0.04~0.05%时磷的分配系数	70~80	100~120
含碳0.04~0.05%时硫的分配系数	4.5~6.0	7.0~8.0
熔池上部燃烧的CO %	5	2~3
转炉中的 CO ₂ %	12~15	3~5
含碳0.05%时的P _{co} 大气压	1.0	0.6
铁水含硅1.5%时废钢比 %	32~33	27~28
喷溅	始终存在	实际没有
钢水的收得率	基 准	+0.7~1.5

- “基准”用来表示正常条件下的LD与OBM比较时的增或减。

3. 炉底喷孔区构成了工艺的“心脏”，喷孔的寿命成为转炉操作额外的一个限制因素，特别是增加装料中的废钢时更是如此。

复混吹炼的出现

当世界各地包括联邦德国、美国、法国、比利时、瑞典和日本的一些底吹转炉投入生产后，顶吹和底吹的明显不同就表现出来了，七十年代后期，在这两种工艺上的某些较大发现促进了复合的顶底吹或复混/混合工艺的发展，这些发现是：

1. 如果在顶部吹氧的同时，通过炉底引入少量的搅拌气体（最大为氧量的3%），大大地避免了吹炼时的喷溅。搅拌气体只起对熔池搅动作用，其它搅动的方法也能产生相同的效果。

2. 只用如上所提的有限量气体，不可能确保吹炼末期的强烈搅拌以获得非常低的含碳量或渣—金属之间的不平衡度显著降低。

3. 为了接近平衡，有必要提高在某种程度上会降低废钢装入量（由于伴随着冷却作用）的搅拌气体量。如果大量使用中性气体，就会遇到喷嘴堵塞、透气砖受侵蚀以及吹炼末期温度过低的问题。如果用氧作搅拌气体，由于喷进一摩尔的氧可得两摩尔的一氧化碳，所以所需的气体体积小，而且还解决了堵塞的问题。

4. 当从底部吹入的氧量接近总氧量的20~30%时，其搅拌作用几乎接近100%底吹所达到的。从30%继续增加底吹氧，则所得收益即使有也是很小的。

5. 如果在吹炼期间从底部吹入30%的氧，渣子就会变得非常干以致于在吹炼期间出现明显的渣子喷射，从而使设备不好使，除非底部吹30%的氧时伴随吹石灰粉。如果这样做，顶枪可象LD操作那样用来控制氧对渣和金属的传输。

6. 任何气体即使是氧（>10%）以任何可估计的量的底部吹炼都会降低转炉废钢熔化能力（与纯顶吹相比），因此，如果主氧从底部吹入，则要同时采取其它步骤如

增CO的二次燃烧和/或输入补充热源等,以提高或保持废钢比。

毋庸置疑,这些发现显然对许多用于当今的复混吹炼雨后春笋般地增加是有帮助的。尽管这些复合吹炼有自己不同的名字,不是取决于进气形式再就是源于其分公司的名字,但都可以根据一个总的名字把它们划在一起,即“复合吹炼”,它是指从顶部和底部同时吹炼,但是严格地说这种称呼法是不确切的,复合吹炼这个术语应当只限于从顶部和底部同时吹氧,而不是既从顶部全部吹氧也从底部吹惰性气体以及具有这些附加特征的工艺。因此,“复混吹炼”这个术语更为恰当些。通过与传统的顶吹和底吹工艺比较,所有复混吹炼工艺都有某些共同的目的。

与顶吹比较的目的在于:

1. 消除了熔池内成分和温度的不均匀,有助于改善吹炼控制,喷溅小及吹炼速度快。

2. 降低渣和金属的过氧化,因而改善了铁和铁合金的收得率。

3. 工艺操作接近平衡,从而使脱磷和脱硫得到改善,并且使工艺设备更适于生产低碳钢。这可以在惰性气体搅拌工艺通过吹炼后的气体搅拌来达到,但在复合吹炼工艺中这种条件要等停吹后才能达到。

另一方面与底吹相比较,复混吹炼的主要目的是:

就人们所关心的废钢消耗能力来说,这种工艺的灵活性提高了,可以根据废钢与铁水的价格的变化,是否需要或何时需要来调整废钢比。

在讨论所有的复混工艺是如何达到上述目的而适用于现在之前,有必要了解现有的复混工艺的许多类似的特征。

目前的复混吹炼工艺及其特征

目前已经知道的单独的顶、底吹及复混顶底吹工艺包括以下方面:

1. 顶部100%氧+顶部加块石灰/粉状石灰。
2. 顶部100%氧+顶部加块石灰+与顶氧一起作为稀释剂的惰性气体。
3. 顶部100%的氧+顶部加块石灰+熔池外加的搅拌。
4. 顶部100%的氧+顶部加块石灰+底部惰性气体。
5. 顶部90~95%的氧+顶部加块石灰+底部5~10%的氧。
6. 顶部70~80%的氧+底部20~30%的氧+底部加石灰粉。
7. 底部100%的氧+底部加石灰粉。
8. 底部60~80%的氧+底部加石灰粉+顶部20~40%的氧+预热用的油或气喷吹。
9. 底部100%的氧+底部加石灰粉+外部氧+从顶/底加煤粉。

从传统的顶吹(1)到传统的底吹(7)乃至为在底吹时提高废钢利用的(8)和(9)可以看一个工艺是怎么形成的。上面所提及的任何一种工艺都与为实现其作用所用设备的型式有关。适用于现在的复混工艺的某些特征列在表2,不同工艺的详细情况列在本文的附录中,由顶部和底部吹入氧和/或其它气体的百分率所产生的直接结果是

混匀时间的不同变化,混匀时间是指均匀熔池所需的时间的一个量度。所有这些复混吹炼都介于顶吹和底吹两个界限之间,这个事实如图1—2所示。从混匀时间这个基本观点出发,一些复混工艺与顶吹较接近,而另一些类似于底吹工艺(图1—2中不包括表2中的(8)和(9),因为它们(7)的修改型)。

复混吹炼工艺的工业应用

由于认识到更活跃地搅拌顶吹炼钢熔池和以某种方式补充底吹炼钢的废钢熔化能力的好处,世界各地的炼钢工作者已经把复混吹炼工艺工业上地应用在生产中的氧气炼钢车间,表3是一个完整的一览表。显然可以看出,复混吹炼工艺在当今世界已获得广泛地工业上的承认。现在,生产中的复混吹炼转炉与LD和OBM转炉一起已占炼钢生产的

表3 世界上处于操作中的复合吹炼转炉

公 司 和 厂	工艺名称	转炉个数 ×容量(t)	开工日期及现状
美国内陆钢公司	AOB (源于 LD—GTL)	—	1979年投产、到82年末一直正常使用
日本钢管公司扇岛厂	LD—CL	1×150 1×60	1980年投产、现正常生产
意大利冶金公司巴尼奥利厂	LD—PJ	1×150	1980年以来正常生产1983年临时停产
日本川崎钢铁公司千叶厂和水岛厂	LD—KG	1×150 1×180 2×150	1979~80, 现正常生产1982年末千叶厂又投产两座
在表后部分详列	LBE	—	近50座转炉处理高磷或低磷铁水
神户钢铁公司尼崎厂和加古川厂	LD—OTB	1×30 3×240	1979~1980年在30吨转炉上试验研究1981年6月以来,加古川3座转炉全正常生产
日本钢管公司福山厂	NK—CB	1×180 1×250	试验在1*车间180吨转炉上进行,1981年10月在2*车间250转炉上安装
新日铁公司八幡厂	LD—AB	1×70	1978年2月在八幡厂V炉上首先试验以后投入生产
美国琼斯—劳林公司印第安纳港厂	J & L系统	1×250	1981年初投入生产
英国钢铁公司斯肯索普厂	BSC—BAP	1(3)×300	在Teesside Lab. 3吨试验炉上进行工艺研究并在一个220吨转炉上试验生产,后来报告说扩大到全部三个炉子上(仍在试验)。
新日铁公司八幡厂和大分厂	LD—OB	1×320 1×150 1×340	1978年2月开始在八幡厂75吨炉上试验,然后于1980年7月在该厂3*炉(320吨)上安装,接着,扩大到八幡厂150吨炉和大分,340转炉上(1982)

续表 3

公 司 和 厂	工艺名称	转炉个数 × 容量(t)	开工日期及现状
比利时科克里尔—松布尔公 司蒙蒂涅厂	LD—HC	1×40 1×180 (1×180)	1979年在一个老式卡尔多炉作为 LD用处理高磷铁水的 40 吨转炉 上试验。1980年扩大到埃诺—松 布尔180吨转炉上(低磷铁水), 现在同一车间第二个炉子上安装 (1983年末交付投产)

表 3 (续 1)

公 司 和 厂	工艺名称	转炉个数 × 容量(t)	投产日期及现状
住友金属公司鹿岛厂及和歌 山厂	STB	2×250 3×250 3×160	1978年以来开始在2.5和160吨转 炉上进行试验。1980年来工业应 用于鹿岛 2*250 吨转炉(沸腾钢 —锭铸)和1* (也为 250 吨, 冶 炼镇静钢—连铸), 已扩大到和歌 山的三座 160 吨转炉上(1981 年)(连铸板坯)
川崎钢铁公司千叶厂和水岛 厂	K—BOP	2×85 2×220	1980年两个车间都正常生产
美国共和钢公司芝加哥厂	OBM—S	2×200	由于建筑高度的原因不能利用顶 枪, 在原 OBM 转炉上采用侧喷 嘴和油预热
西德马克斯冶金厂, 苏尔茨 巴赫—罗森贝格分厂	KMS (KS)	3×60	原为OBM转炉 1980—81 年改为 新工艺
西德克勒克纳公司和美国国 家钢公司		3×65 1×125 2×225	从1982—83年克勒克纳, 格奥尔 格马利恩冶金厂停产以来, 后来 诺伊基兴厂也采用了, 1982年在 美国格拉尼特城厂采用(该厂也 试验了LBE法)
荷兰皇家霍戈文钢铁公司艾 莫伊登厂	Hoogovens— BSC	1×100	1980年在艾莫伊登厂开始试验, 直到1982年末一直试验用普通的 BSC—BAP和包钢皮砖及在吹炼 4 分从顶部加无烟煤, 试验仍 按这个方式进行。
卢森堡阿尔贝德公司埃施— 贝尔瓦尔厂	ALCI	1×180	1982年开始投产(用煤)
卢森堡阿尔贝德公司埃施— 贝尔瓦尔厂	LBE	2×180	1978年LBE首次在该厂开始试验
阿尔贝德公司迪弗丹日厂	LBE	1×165	1980年7月—可互换转炉
卢森堡克拉贝克锻造公司	LBE	2×80	1983年末
阿尔贝德公司舍夫朗日厂	LBE	2×90	1981年11月
阿尔贝德公司迪德朗日厂	LBE	1×80	1980年7月
法国诺曼底冶金公司蒙得维 尔厂	LBE	2×105	1*1979年11月, 2*1980年6月

续表 3

公 司 和 厂	工艺名称	转炉个数 × 容量(t)	投产日期及现状
法国洛林炼钢和轧钢公司冈德朗日厂	LBE	2×240	1981年1月, 以前的转炉和现在的LBE都使用高磷铁水
洛林南方连轧公司福斯厂	LBE (后来为LET)	2×350	1*1980年7月; 2*1980年12月 这两个及以后的转炉全用低磷铁水操作1982年停止用LBE操作, 新操作方法是 用两个LWS式喷嘴吹5%的底氧, 95%的氧用顶枪吹, 1983年投产
北法和东法冶金联合公司敦刻尔克厂	LBE	3×220 3×160	1980年10月, 1981年12月
西德勒希林一布尔已赫公司伏克林根厂	LBE	2×140	1981年4月后来关闭(1983年)
澳大利亚布罗希尔公司纽斯卡尔厂, 堪培拉港厂怀阿拉厂	LBE	1×60 2×200 2×270 2×210	1981年12月 1982年3月 1982年1月 1983年4月
美国国家钢公司大湖厂	LBE	1×210 1×210	1980年在1*车间260吨转炉做初步试验后, 1981年3月2*车间LBE投产, 1982年7月改造第二个转炉
加拿大多米尼翁公司哈密尔顿厂	LBE	1×100	1983年初
加拿大钢公司希尔顿厂	LBE	1×125	转炉生产能力140吨1981年3月开第一个转炉 到1982年1月转炉转入正常操作前炉令不一样 1983年末又开两座LBE
新日铁公司君津厂、室兰厂	LBE	1×250 1×250 2×250	1982年8月君津第一个投产 1982年10月君津第二个投产 1982年末室兰厂LBE投产
瑞典斯文斯克特钢公司奥克塞洛松德厂	LBE	1×150	这是一个可更换转炉, 1982年6月投产, 后来扩大到该公司津勒欧厂等。
加拿大阿尔戈马冶金公司苏圣马里厂	LBE	3×100 2×240	1982年7月
巴西、贝尔戈米内拉黑色冶金公司	LBE	1×45 1×100	1982年末
葡萄牙国家黑色冶金公司塞沙尔厂	LBE	1×45	1982年末, 后来扩大到120吨转炉上

很大比例。事实上,在1980年前后存在的有限数目的OBM转炉有的现在仍工作良好(如洛林连轧公司,科克里尔—松布尔—马尔西内尔公司),有的已经停产(如苏拉哈马尔,诺因基尔兴,伏克林根等);有的正以非常小的生产力水平操作(如费尔菲尔德,格里),有的已经改成复混工艺生产(如苏尔茨巴赫—罗森贝尔格,共和钢公司,于齐诺尔—纳韦—梅松等)

在使用惰性气体的复混工艺当中,由阿尔贝德公司和法国钢铁研究院共同研究成功的LBE工艺受到了最为普遍的欢迎,可能是由于以下原因。

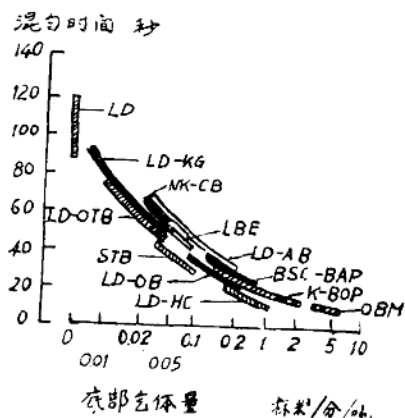


图1—2 底吹气体量对熔池完全混匀时间的影响

1. 存在着许多的LD转炉,当今的顶吹炼钢工作者急于在不作重大投资的前提下改善炉子的作业。

2. 在把惰性气体通过炉引入转炉中方面,耐火材料件优于直管,因为耐火材料件可以在冶炼不同钢种的条件下及在不同的吹炼阶段(包括吹炼末期)只要需要时就可把气体定量地送入炉中。

3. 顶吹转炉工作者普遍体会到他们不应致力于保护喷嘴的复杂的底吹工艺从而使之引起可能的事故。

除了这些特征之外,用于LBE工艺的透气件还有某些特有的优点:

1. 设备和操作简单,成本低。
2. 如果能完善某些测量炉底厚度及保持它在一个规定的厚度的技术,这种透气件

能延续使用到炉衬更换。

3. 在出现气体压力下降时或可能中断操作时透气件比风嘴安全(至少在理论上如此)。

4. 如果高碳钢和低碳钢都需要炼时,在吹炼期任何时候都可以降低搅拌强度,并且可以预测磷的程度。

5. 如果在一炉役中某阶段透气件失灵时,它也可能恢复使用,或延续到转为正常LD操作。

6. 为获得所理想的气体流量而需要的回压比较低,限制在2.5~3.0巴。

每个透气件的质量流量一般保持在4米³/分以达到每吨钢水喷吹1.7~2.0米³的惰性气体。因此,透气件的数目取决于转炉的大小,如它们的三分之二随时都是好使的就足够用了。当要在转炉底部装透气件时,必须考虑到它们的安装点,有时,透气件的数目要能多到布满整个炉底,当然这不是很理想的,这会招致维护上的麻烦。在这种条件下,氧气喷嘴就显露出优点,因为喷嘴结构占炉底面积小(通常用2—6个喷嘴)。再有,透气砖构件不能用来从炉底喷吹固体。考虑到这一点,BSC—BAP工艺开始采用了喷嘴,但后来,有报告说也改成了包钢皮砖,图1—3表达了通过炉底引入气体的各种

可能性。图 1—4 归纳了各种工艺炉底吹气的形式和气体量。

复混吹炼的冶金特征

为了定量地评介复混吹炼的冶金特征，有必要利用LD和OBM 为标识。从全部冶金学观点出发，通常从混匀时间考虑，已经发现复混吹炼工艺是处于两个“边界条件”之内下操作的。因此，在这里不逐个分析每个工艺，也不用面对重叠数据难以表达的困难就足可以区别它们，下面为简单起见：

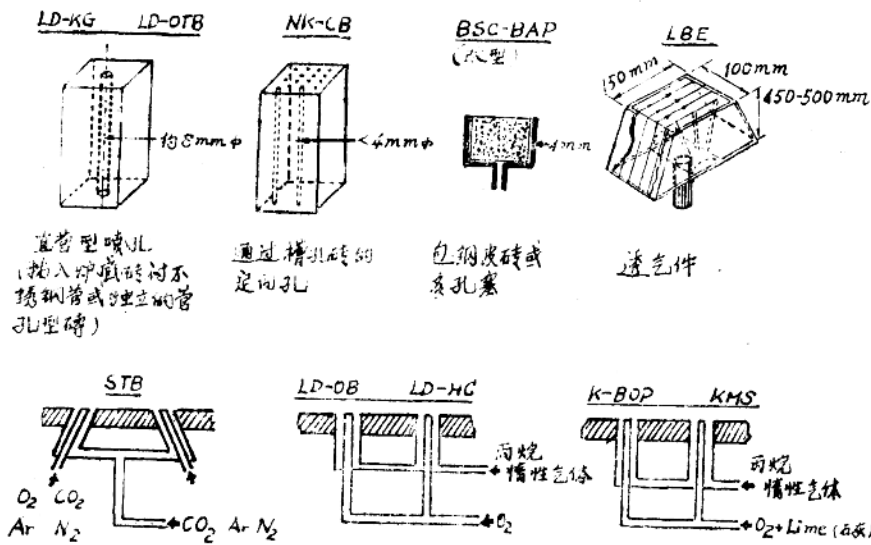


图 1—3 复混吹炼工艺炉底进气方式

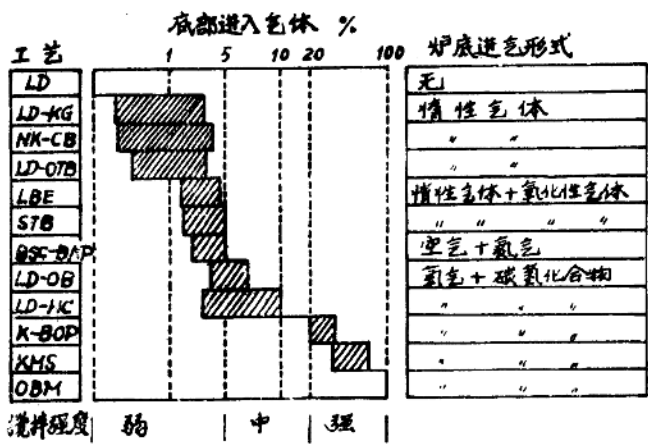


图 1—4 氧气转炉炼钢工艺类型及底部气体量

①100%的顶吹转炉，下面标以TB

②100%的底吹转炉标以BB。

③从顶部100%吹氧，但用惰性气体搅拌的转炉标以TBI (Top-blown, inert-gas Stirred)

④利用套管保护喷嘴从炉底吹入少量的氧（或其它氧化性气体，但不随底部氧加石灰粉这样的转炉标以CBT (Combined blown but more oxygen from top)

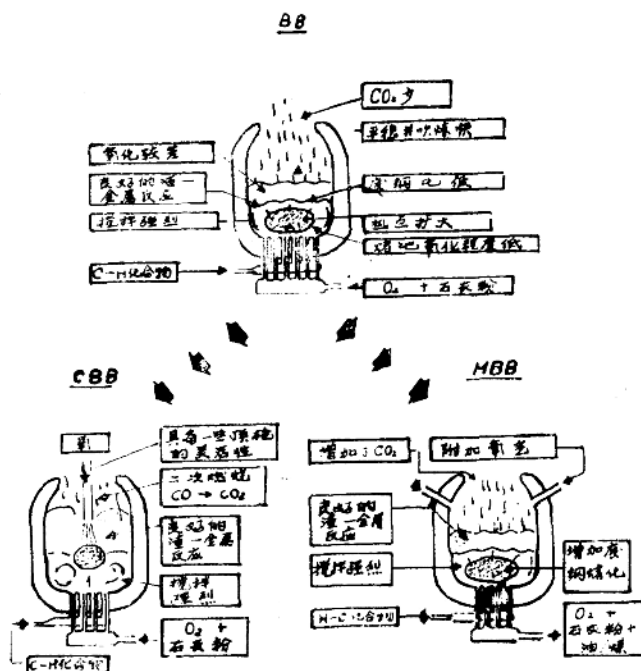
⑤随着更多的氧（接近40%）从底部吹入石灰粉，但顶枪依然保持用来吹入其余的氧，这样的转炉标以 CBB (Combined blown but leaning more towards bottom blowing)

⑥经过改造后为了提高废钢比，额外吹氧、油、气、煤等，但保持底吹炼钢的其他特征的底吹转炉标以MBB (modified bottom—blown converters)。

从世界各地生产的转炉收集来的数据在前面已介绍过。图1—5表示从冶金特征的观点出发六类工艺相对的优缺点。考虑到不同的数据分散在各种操作条件下，现在只针对总的趋势对可用的数据进行分析。

渣和金属的氧化程度

图1—6表示了吹炼结束时渣中的含铁量，而图1—7则表示了吹炼结束时熔池中碳和氧含量之间的关系。即使由于使用惰性气体搅拌而使数值发生一些变化，但可以明



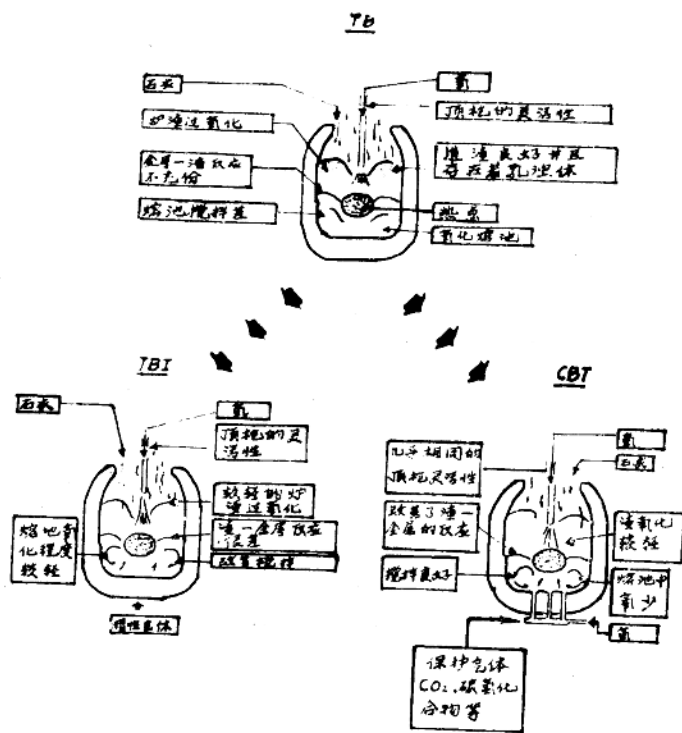


图 1—5 不同氧气炼钢工艺的冶金特征

渣中含铁 %

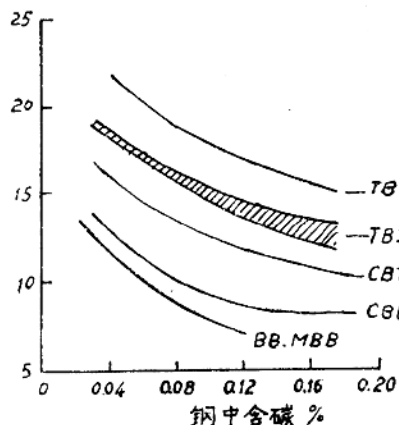


图 1—6 所有工业生产的氧气炼钢工艺作为熔池碳含量函数的渣中含铁量

熔池含氧 $10^{-3}\%$

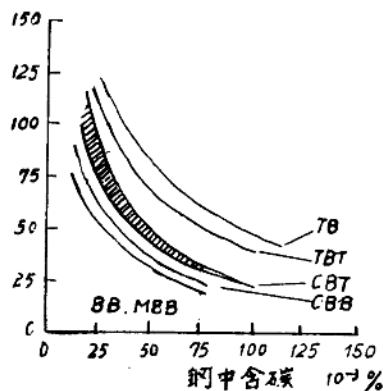


图 1—7 各种氧气炼钢工艺的碳—氧关系

显地确认熔池搅拌导致了一定的改善。CBB 和BB型工艺的差别是很小的。MBB 型工艺对碳和铁的氧化反应没有任何影响, 这是因为试图改变的只是 BB 工艺的热平衡, 即使碳作为小量的热收入时也是这样。在碳含量低的情况下如果惰性气体量小时TB和TBI之间的差别不是很明显的。

终点锰含量

由于从TB到BB型(通过一些中间步骤)工艺中金属和渣的氧化度逐渐变低, 所以翻炉时熔池中的含锰量以一个相反的方向增加, 也就是说 BB 的锰含量最高, 而TB的锰含量最低。在图 1—8 可以看到这一点。使人感兴趣的是就熔池中锰的残留量来说 CBT型工艺更类似于底吹。可以确认, 由底氧引起的紊流已经超越某一水平, 不再起到优势主导作用。重复一句, 如果底部气体量不充分, TB和TBI型工艺的行为是非常相似的。

渣金属反应

就脱硫而论, 按顺序TB—CBT—CBB—BB 金属和渣中的氧化度趋于变低, 渣与金属的界面搅拌趋于激烈以及在最后工艺中, 反应区的石灰粒度越加变细。因此期望用同样的顺序改善脱硫是合乎理道的, 然而这种脱硫改善由于伴随着石灰的有效利用渣量正常地减少(即使渣碱度保

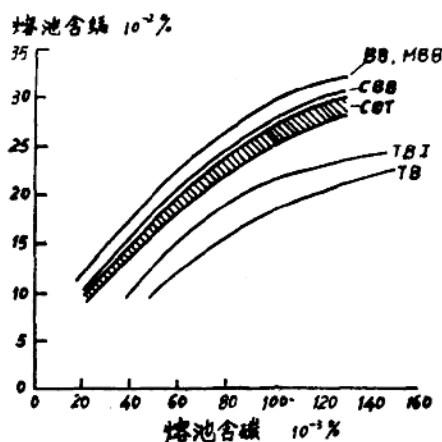


图 1—8 吹炼末期时熔池C和Mn的关系

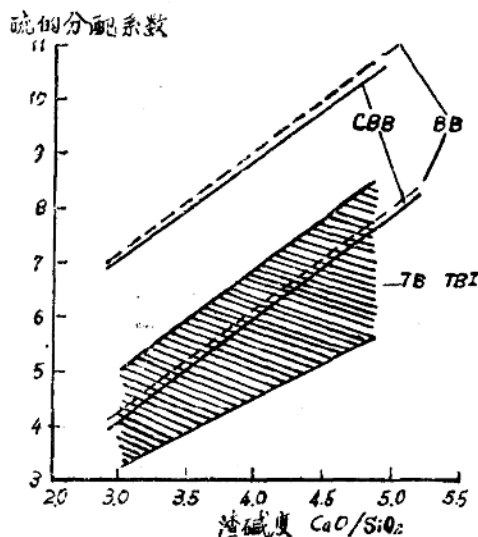


图 1—9 在氧气炼钢工艺中作为渣碱度函数的硫的分配率

持原来的水平)而不象开始那样明显。象在TBI型工艺搅拌程度低也不影响脱硫。此外,在所有炼钢工艺起着重要作用的气体脱硫的程度当然不发生变化。因此,硫的分配系数总的变化遵循着图1—9中所表示的趋势。不从炉底吹入石灰的CBT型工艺处于所表示的TB和TBI的范围之上,特别是在底吹法的高碱度时,石灰粉显示出主导影响并能够形成微渣。对于MBB型工艺基本机理没有变化,因此为了获得象BB法那样钢中相同的含硫量,必须控制来自于油或煤中的硫。如果这一点做不到,就要采取双渣的办法了。

由于脱磷包含着相互对立的趋势,所以稍微复杂一些。从TB向TBI过渡时,氧化度降低,而紊流增加,温度梯度变得平滑,一般来说,纯影响是硫的分配系数稍有降低,除非同时提高顶枪位置以弥补渣氧化度低。由于搅拌程度有所增加,当渣子变得越来越干时,磷的分配系数的降低变得更加明显,除非底部有足够的搅拌气体能携入石灰粉才能消除这种现象。因而,(BB和CBB型)在石灰在反应区变得有效并操作接近平衡时,脱磷系数也就得到显著改善。为了克服熔池比较活跃,但石灰粉在反应区又效果不太大而影响磷分配系数的问题,常常有必要采取非常“软”的吹炼(提高枪位和/或把氧气量降到不喷溅为准)和对炉底搅拌气体的流量进行适宜地控制。每一种工艺都有不同炉底气流控制措施。但总的趋势是在吹炼初期(氧化硅阶段)用底部惰性气体充分搅拌,

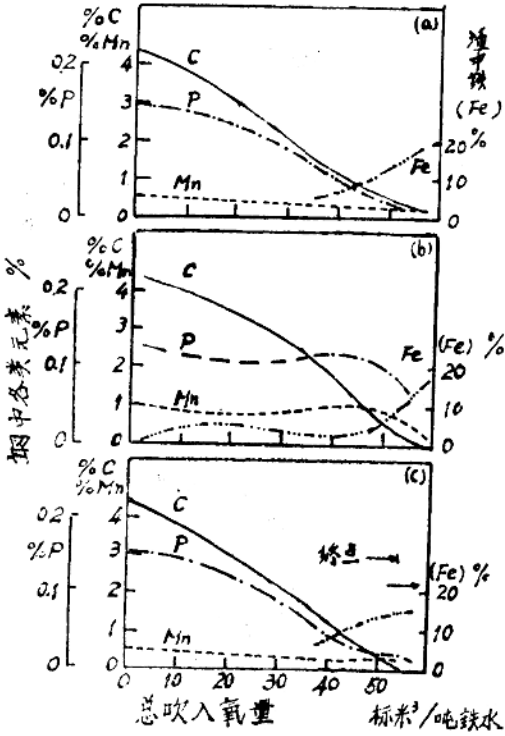


图1—10 底部气体量对非金属物变化的影响