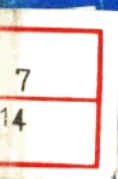


T
G
Z
J

顶底复合吹译文集



太原钢铁公司编译



前 言

转炉顶底复合吹炼是七十年代末、八十年代初在国际上迅速发展起来的一种新型的炼钢技术。

为了解国外先进技术，开阔思路，促进我公司新工艺新技术的发展，我们选译了日本、卢森堡等国的资料，供我公司的领导和广大工程技术人员参阅。

参加本专集的编辑人员有、王志英、江淑兰、许祖心、崔钢玲等。

由于编译水平有限，时间仓促，谬误之处深望指正。

太钢科质处情报室

一九八五年四月

目 录

顶底吹转炉的冶金特性.....	贾晋平(1)
LD-OB 法的冶金吹炼特性.....	赵新民(12)
用于碱性氧气炼钢的 S TB 法.....	汪大洲(23)
LBE 在世界范围的广泛应用.....	汪大洲(38)
新日铁君津厂 LBE 炉的建造和开工.....	白富荣(44)
LBE 和 ALCI 过程.....	汪大洲(56)
特殊转炉炼钢法的研究.....	周保仓(62)
用 S TB 复合吹炼法生产碳素钢和低合金钢.....	汪大洲(93)
在阿尔贝特——巴尔伐尔厂转炉的挡渣出钢.....	汪大洲(107)
氧气顶吹转炉复合吹炼法风嘴用镁碳砖.....	李 恂(109)

顶底吹转炉的冶金特性

提要：川崎钢公司在顶吹转炉炼钢方面又发展了两种不同形式的复合吹炼工艺：

a) 惰性气体搅拌LD (LD-KG)；b) 具有喷入石灰粉末功能的底吹氧LD (K-BOP)。这两种复合吹炼工艺所带来的冶金特性是：

1) 底部吹入少量气体的方法，增加了熔池的搅拌强度，因此明显地减少了LD转炉经常发生的熔池过氧化现象，并且铁的收得率和出钢时加入合金的收得率都较高。

2) 特别是由于K-BOP从底部喷入石灰粉末，所以在脱P、S等方面，比其它任何复合吹炼工艺都要优越。

1、绪言

纯氧底吹转炉 (Q-BOP) 同纯氧顶吹转炉 (LD) 相比，其特征是：由于熔池搅动力非常大，因而熔池和熔渣的均匀度高，没有顶吹转炉时的喷溅以及熔池的过度氧化现象。且可以降低熔渣中 (T-Fe) 和钢水含氧量和提高吹炼终止时 [Mn]、[S]、[P] 的分配比。

为了充分发挥底吹转炉的这些优点，改善顶吹转炉的吹炼特性，提高适应性，各厂都在研究于顶吹转炉上，附加底部吹入气体功能的复合吹炼法。

本公司研究了两种复合吹炼法，并取得了良好的成果。

1) 从顶吹转炉炉底通过小直径单管吹入小流量 ($0.01-0.05 \text{ Nm}^3/\text{分吨}$) 惰性气体的LD-KG法；

2) 从装设在炉底的双重管风口，吹入大流量 ($0.7 \sim \times$) 的K-BOP法。

本报告主要就水岛制铁所第二炼钢厂的250吨转炉上获得的有关K-BOP的冶金特性之概要作一讲述。

(※ 此处原文缺漏——校者)

2、顶底吹转炉设备

LD-KG法应用于千叶150吨转炉及水岛180吨转炉。在炉底安装许多小直径单管，可以吹入最大量为 $0.05 \text{ Nm}^3/\text{分吨}$ 的Ar或 N_2 。

K-BOP法应用于千叶85吨转炉及水岛250吨转炉。下面讲一下250吨K-BOP转炉的情况。K-BOP炉的炉底是可更换的，施行1炉代内使用2炉底的操作。双重管风口的冷却保护气体原则上要用丙烷，但也可以使用其他混合的惰性气体。

底吹氧量 (Q_B) 因受风口根数和排列的限制，只能达到总吹氧量 ($Q_T + Q_B$, Q_T 为

顶吹氧量)的40%。但选定的条件是,生石灰粉末应能全量喷入,按(1)式计算熔池的混合均匀时间应能充分缩短,并接近Q—BOP。

$$\tau = 800 \Sigma - 0.4 N^{1/3}$$

$$= 800 (\Sigma_T N_T^{-0.833} + \Sigma_B N_B^{-0.833})^{0.4} \dots\dots (1)$$

τ 为熔池的混合均匀时间(秒), Σ 是熔池搅拌能量的消散速度(瓦/吨钢), N 为喷嘴数目。注脚TB分别表示顶吹与底吹。

即,表示熔池搅拌强度的均匀混合时间同总送氧量一定时的底吹氧比 $Q_B/(Q_T+Q_B)$ 之间,具有图1所示的关系。在底吹氧比接近30%时,混合均匀时间可以显著缩短,但超过30%后,其效果即将减弱。

同其它复合吹炼法相比较,LD—KG, K—BOP底吹氧量和熔池混合均匀时间的关系示于图2。各厂家实行的复合吹炼法可分为三类

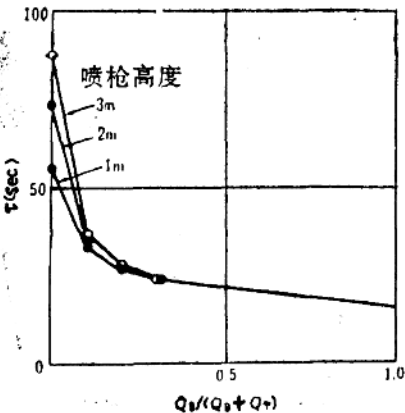


图1、在250吨K—BOP炉中,熔池充分混合时间 τ 和底吹氧比(Q_T 和 Q_B 分别表示顶底吹氧比)间的关系

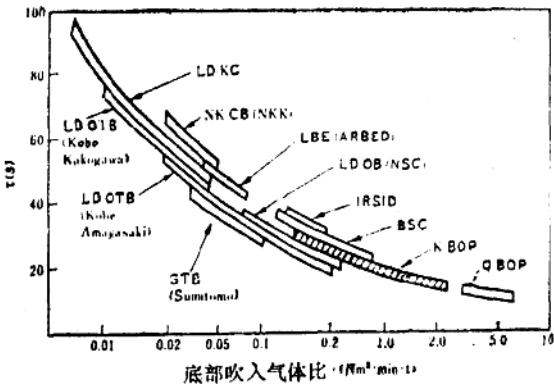


图2、底吹气体比对溶池混合时间的影响

- (1) 吹入惰性气体(最大0.1Nm³/分吨)法
(LD—KG, SBTNK—CB, LD—OTB, LBE)
- (2) 吹入氧气(0.07~1.0Nm³/分吨)法
(LD—OB, LD—OTB)
- (3) 氧(0.7~1.3Nm³/分吨)和生石灰粉末同时吹入法(K—BOP)。图2的底吹气体量已考虑了当它为氧时,所产生的CO气体。

3、顶底吹转炉的冶金特性

3.1. 炉内反应概要

已经判明顶底吹转炉因底部吹气而增大了熔池搅拌力,减少了LD炉经常出现的熔

池过度氧化现象,因此K—BOP将显示出类似于Q—BOP的冶金特性。下面讲述K—BOP、LD—KG炉内反应的主要特征。

3.1.1. 脱碳反应和溶池氧化

支配脱碳反应全反应速度的主要因素由供氧转到碳扩散时碳浓度随着熔池搅拌强化而减少。即, LD为0.8—1.0 [% C], 而LD—KG炉为0.6~0.9 [% C], K—BOP炉为0.35~0.55 [% C], Q—BOP炉为0.3~0.5 [% C]。而且脱碳极限, LD为0.25%, 而K—BOP为0.01%, 与Q—BOP相同。在0.05 [% C] 吹炼终止时, K—BOP的氧单耗也可比LD减少1.2Nm³/吨。

图3是吹炼终止时, [C] 和 [O] 的关系。K—BOP的 [O] 较平衡线 ($P_{CO} = 1\text{atm}$) 还低, 而比Q—BOP [O] 只稍高一些, 并处在0.05 [% C] 时 $P_{CO} = 0.75\text{atm}$ 的 [C]—[O] 平衡线上。这可能是由于风口冷却保护气体分解, 而引起 P_{CO} 下降所致。

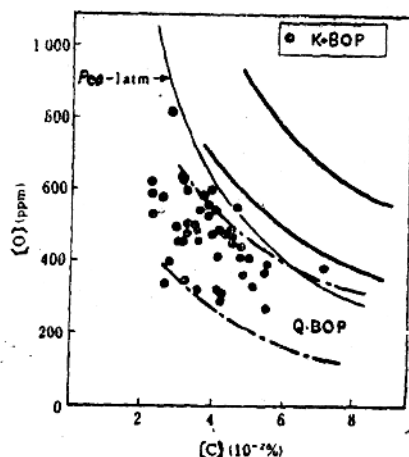


图3、吹炼终止 [C] 和 [O] 间的关系

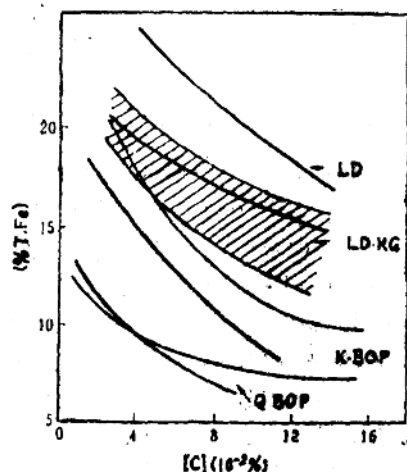


图4、吹炼终止 (T. Fe) 和 [C] 间的关系

吹炼中熔渣中 (T. Fe) 的动向与钢中之氧动向同样, 吹炼终止时, 可得出图4所示的关系。“即熔池搅拌力越强, 熔渣中 (T. Fe) 就越低, 用表示 [C] 优先氧化程度的参数IS CO可以很好地解释这种关系。

这样, K—BOP就可以方便地冶炼超低碳钢, 而不致提高钢中氧的浓度从而可以获得稳定的质量。

3.1.2. 渣渣——金属反应

吹炼终止时, [C] 和 [Mn] 的关系示于图5。与LD相比, 转炉的搅拌强度越高, 吹炼终止时的 [Mn] 就越高。K—BOP在吹炼终止时 [C] 为0.04—0.08与LD相比, [Mn] 约增高0.07%, FeMn的加入量约可减少1Kg/吨。除此之外, 对于低碳钢还有一个优点就是可以用便宜的高碳FeMn来代替以往的低碳FeMn。强化搅拌之所

以能提高Mn的收得率,原因就在于熔渣中 $(T \cdot Fe)$ 降低,并使(2)式的反应接近于平衡所致。

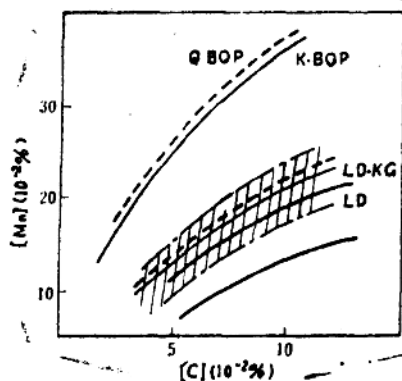
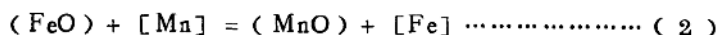


图5、吹炼终止 $[Mn]$ 和 $[C]$ 的关系

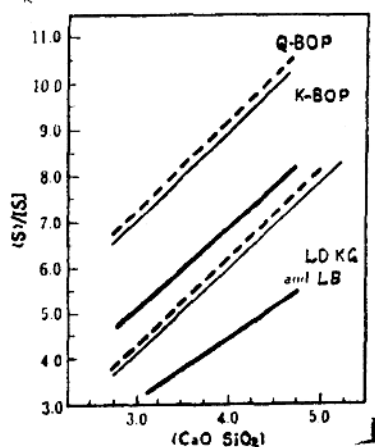
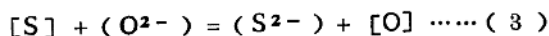


图6、硫分布和熔渣碱度间的关系

关于脱硫反应,正如(3)式推定的那样,K-BOP的熔池氧化位势低于LD,而脱硫能力好,如图6所示,K-BOP炉的脱硫能力基本与Q-BOP相等。



另外,LD-KG和LD炉中 $[S]$ 的行为差别并没有多大意义,所以在K-BOP,Q-BOP中,除搅拌效果外,后面讲的喷入生石灰粉末所带来的作用也是很大的。

其次,熔渣中 $(T \cdot Fe)$ 和分配比的关系示于图7,如按相同 $(T \cdot Fe)$ 比较,则搅拌力越大,P分配比也将越高。熔渣—金属间的温差减小也是一个因素。就是说,K-BOP的熔渣—金属间的温度差在 $10^{\circ}C$ 以内,比LD的温差值要小 $20 \sim 40^{\circ}C$ 。据报告其它

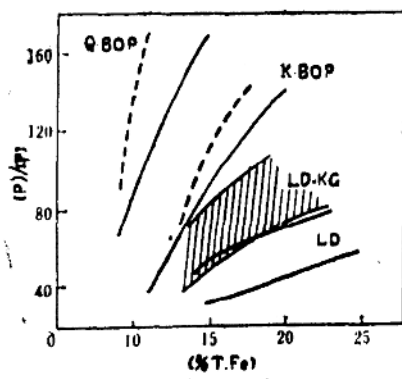


图7、磷分布间的关系 $(T \cdot Fe)$

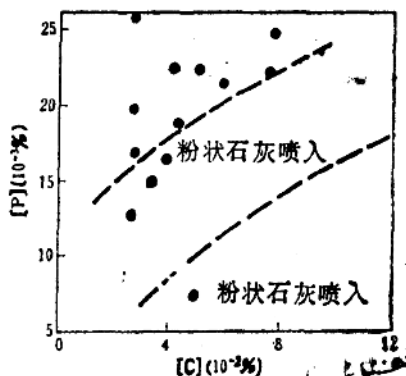


图8、底部喷入石灰粉对K-BOP炉吹炼终止磷含量的影响

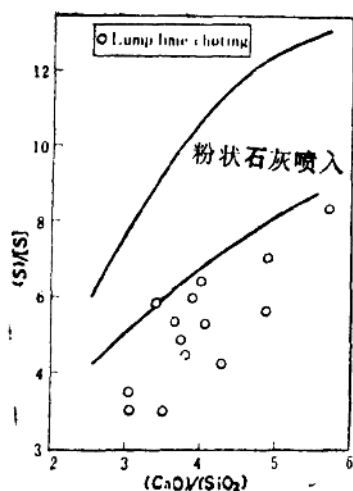


图9、底部喷入粉状石灰对与熔渣碱度函数关系的硫分部的影响 (K—BOP)

厂家的事例是，用STB法，可由40—70℃变为20~30℃，用NK—CB法可由10—30℃变为-10~10℃。

另一方面，由于K—BOP具有其它复合吹炼法所没有的喷射生石灰粉机能，所以比以往向熔池面加入生石灰块的方法，其脱磷，脱硫能力都强。采用K—BOP时，添加块状生石灰法和喷射生石灰粉末法对脱磷、脱硫的影响分别示于图8、9。两者的差异是由于生石灰粉末漂浮于熔池上部时的反应很快，熔渣内的CaO净化也很迅速，从而不易产生局部性不均匀所致。

3. 1. 3. 钢水中的气体成分

吹炼终止时，[C]和[N]的关系示于图10。K—BOP的[N]低于LD炉，而与Q—BOP相等。因此有利于冶炼低磷的低氮钢。但[C%]低于0.05时，因顶吹

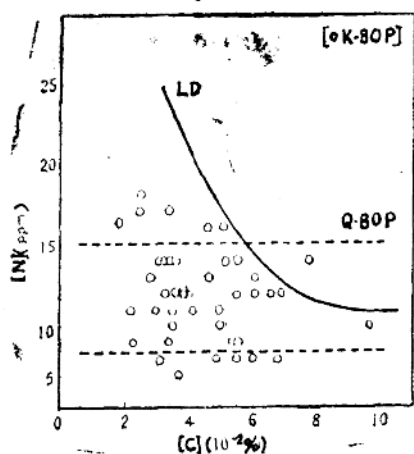


图10、吹炼终止 [N] 和 [C] 之间的关系 (K—BOP)

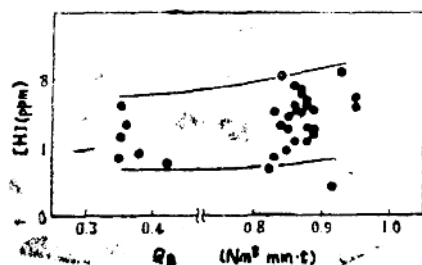


图11、底部带有恒定再烷比的氧流对吹炼终止氢含量的影响 (K—BOP)

而卷入的大气将会有所影响。

吹炼终止时由于低吹风口冷却保护用丙烷气体所产生的氢的影响, 氢浓度较 LD 炉要高 2~4ppm, 如果丙烷比(相对于低吹氧量的丙烷气量比例)一定氢浓度将大致保持不变而与底吹氧量无关(图 11)。这种现象说明, 钢中氢浓度并不决定于丙烷带入的氢的绝对量, 而是由熔池内的 CO 和氢气泡中的氢分压所决定的。作为降低氢浓度的方法可以不进行 RH 脱气处理, 而在出钢前用 Ar 或 N₂ 气在转炉内进行脱气处理, 或者用后述的低氢分压吹炼法进行处理。并且 RH 脱气处理的钢材, 同 LD 转炉钢的脱气处理钢材并无差别, 对钢材的品质也没有影响。

3. 2. 熔渣中 (T·Fe) 的控制

K-BOP 的脱磷能力虽比 LD 转炉好, 但同其它复合吹炼法相同, 由于熔渣中 (T·Fe) 低, 所以在高温、高碳的情况下, 其优越的脱磷能力将会减弱。

如果用 Balajiva 型重回归式来表示外观的脱磷平衡, 那么, 对于 K-BOP、LD 就可以分别得到 (4)、(5) 式。

$$\log \frac{(\%P_2O_5)\%}{[\%P]^2(\%T.Fe)^5} = 0.07(\%CaO) + \frac{36941}{T} - 24.29 \dots \dots (4)$$

$$\log \frac{(\%P_2O_5)}{[\%P]^2(\%T.Fe)^5} = 0.076(\%CaO) + \frac{32507}{T} - 22.49 \dots \dots (5)$$

运用这个关系式, 要将吹炼终止时的 [P] 控制在 0.015% 时, 可求出温度和熔渣中 (T·Fe) 的关系, 并示于图 1 2。K-BOP 炉, 可以在熔渣中 (T·Fe) 低于 LD 炉条件下获得规定的 [P] 而与温度无关。如果两者的吹炼终止温度都予以提高, 则需要两种操作: ① 增加熔渣中 (T·Fe) 的操作, ② 增加生石灰用量并用高温碱性熔渣进行吹炼。但后一种方法容易造成熔渣的渣化不良, 故碱度的增加是有限的。

控制 K-BOP 炉熔渣中 (T·Fe) 的因素如 (b) 式所示, 但主要的控制因素却是与生石灰粉末喷射结束后的氧气底吹炼有关的第 1 项的 Δt_{O_2} 。

$$(\%T.Fe) = a \cdot \Delta t_{O_2} + b W_{ore} + c \cdot \Delta t_{ore} + d \cdot \frac{1}{C_F} + e \cdot \bar{r} \cdot f \dots \dots (6)$$

a、b、c、d、e、f: 常数

Δt_{O_2} : 吹炼末期低吹氧单独吹炼时间 (分)

W_{ore} : 矿石加入量 (吨)

Δt_{ore} : 加入矿石到吹炼结束的时间 (分)

C_F : 吹炼终止时的 [C] 浓度 ($\times 10^{-2}\%$)

如果在喷吹生石灰粉末结束后立即停止顶吹, 而只用底吹氧进行吹炼则如图 1 3 所示, 随着 Δt_{O_2} 的增长, 熔渣中 (T·Fe) 按照各 [C] 级别而降低。即, 喷入生石灰粉末期间的熔渣中 (T·Fe) 要比只吹氧时高。这与下述现象是对应的。即在有生石灰存在时, 在风口正上方生成 Ca 铁素体融体, 延缓了氧化铁的还原。

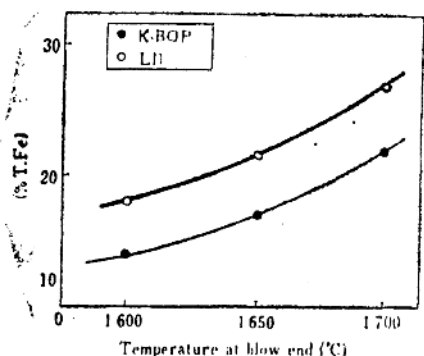


图12、吹炼终止时为达到规定〔P%〕的熔池温度和(T · Fe)间的关系。

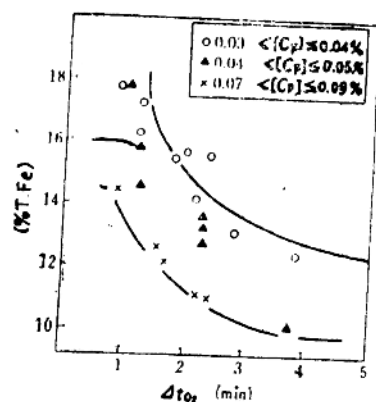


图13、在无顶吹氧的情况下，底部吹氧时间 Δt_{O_2} 对与吹炼终止碳〔C_F〕成函数关系的(T · Fe)的影响(K—BOP)

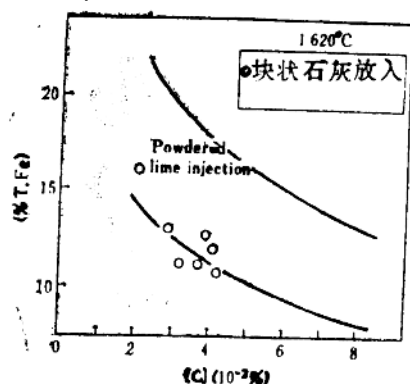


图14、底部喷入粉状石灰对与吹炼终止〔C〕成函数关系的(T · Fe)的影响(K—BOP)

3.3. 钢中氢的行为

为了降低K—BOP炉吹炼终止时钢中的氢对钢中氢的行为进行了研究。丙烷比和钢中氢的关系示于图15。由图可知，增加丙烷比或降低吹炼终止时的〔C〕，都会使钢中的氢增高。因此，考虑到了因脱碳反应而产生的CO的气体量求出(7)式，并按照此式的平衡氢分压 P_2 求出(8)式的平衡值，然后与实际测定值进行了比较。

$$P_2 = \frac{4r\eta Q_2}{4rQ_{O_2} + 2\eta Q_{O_2}} \quad \dots\dots (7)$$

r: 丙烷比

η_{O_2} : 利用底吹氧气的脱碳脱氧效率

Q_{O_2} : 底吹氧量

$$\log a_{H_2}^{2H/PH_2} = \frac{-1905}{T - 1.591} \quad \dots\dots (8)$$

结果看出, 对丙烷化后的钢中氢浓度的影响都倾向于一致。但在低碳区, 绝对值的偏差却很大。

因此, 根据下述假设, 进行了反应速度论的分析。

假设: (1) 丙烷分解产生的氢全部被钢水吸收。

(2) 用风口上产生的CO气泡进行脱氢。

并将钢水中氢浓度 $[\%H]$ 和 CO 气泡中氢分压 P_{H_2} 间的平衡传递速度用 η 表示

$$P'_{H_2} = \eta \cdot \left[\frac{[\%H]}{K_H} \right]^2 \quad \dots\dots (9)$$

式中 K_H : 平衡常数 ($\% / \text{atm}^{1/2}$)

设气泡是按理想气体法则活动, 并取钢水中氢的物质平衡:

$$\frac{d[\%H]}{dN} = \frac{-0.2 P'_{H_2}}{(P'_{O_2} - P'_{H_2}) W} \quad \dots\dots (10)$$

P'_{O_2} : 离开熔池瞬间的气泡压力 (atm)

N : 产生 CO 气体的积累克分子数

W : 钢水重量

则最终可得到与脱碳氧效率 (η_{O_2}) 有关的下式。

$$\frac{d[\%H]}{89.3 Q_{O_2} \cdot \eta_{O_2} \cdot d\Delta t_{O_2}} = - \frac{0.2 [\%H]^2 Y}{[K_H^2 P'_{O_2} - \eta (\%H)^2 W]} \quad \dots\dots (11)$$

考虑吹炼终止 $[C]$ 为 0.04% 情况下吹炼过程的脱碳氧效率, 并根据本模型, 推断丙烷比为 4%、5%、6% 时吹炼中的氢量, 结果如图 16 所示。当 $\eta = 0.5$ 时, 与吹炼终止时的实际测量值相当一致。

根据这一模型, 求出出钢前, 用 Ar 或 N_2 气体进行炉内脱气处理的条件, 以提高效果。

另外还研究了在丙烷中混合 N_2 、 CO_2 气体作为风口冷却保护气体以降低吹炼中底吹气体氢分压的方法。结果如图 17 所示, 无论使用哪种气体, 终吹氢浓度都可以用吹炼终止时的氢浓度正比于底吹气体中的氢分压的平方根的关系式作出统一说明, 因此于丙烷中使用 Ar、 N_2 、 CO_2 等混合气体以降低氢分压是有效的。

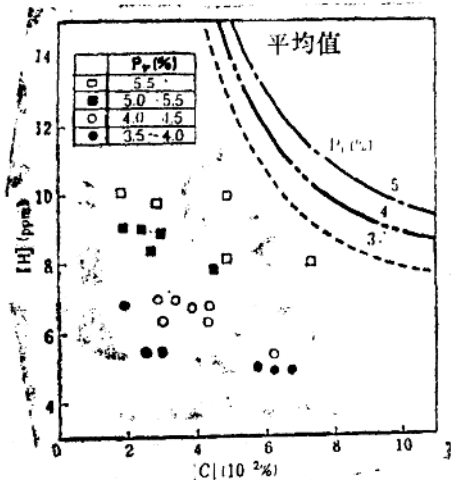


图15. [C] 和炳烷比 P_r 对吹炼终止时的 [H] 的影响 (K-BOP)

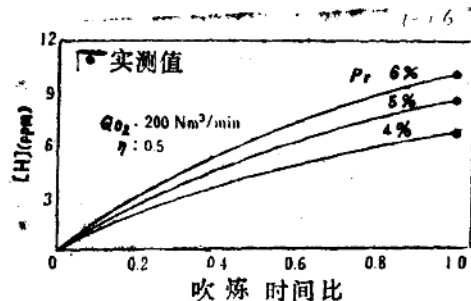


图16. 吹炼过程中予测丙烷比对氢吸收的影响

3. 4. K—BOP和铁水予处理工艺

近年来, 为了降低炼钢成本, 以及为了满足超低磷、低硫钢需求量增加的需要, 正在积极开展铁水予处理工艺的研究。铁水予处理是把目前转炉吹炼的炉内反应功能, 按脱硅、脱磷、脱硫、脱碳等不同反应分别进行处理的工艺。

带有铁水予处理的炼钢工艺设想了(1)在炉外进行脱硅脱硫处理后, 在转炉内进行脱碳、脱磷;(2)脱硅、脱硫及予脱磷后, 在转炉内进行脱碳及最后脱磷等两种方法。并研究了两种方法对K—BOP的有效性。

在LD转炉和一般的复合吹炼情况下, 若向低Si的脱硅铁 ($Si: 0.01 \sim 0.1\%$, $P: 0.12 \sim 0.15\%$) 熔池表面加入块状生石灰, 则熔渣很难渣化。但在K—BOP情

表1、K—BOP炉脱硅热金属的吹炼特性

热金属 (%)		C	Si	Mn	P	S	温度	H. R.
		4.65	0.07	0.36	0.137	0.018	1240° C	96.5
↓		材料和氧的消耗量 (K—BOP)			石灰 (F/1)	10.6公斤/吨		
					白云石	3.4公斤/吨		
						17.8公斤/吨		
					氧 气	45.7 Nm ³ /吨		
吹炼终止	金属 (%)	C	Mn	P	S	温 度		
		0.088	0.23	0.019	0.011	1632° C		
	熔渣 (%)	T · Fe	CaO	SiO ₂	MnO	P ₂ O ₅	MgO	S
		14.7	46.7	10.9	5.9	5.61	8.8	0.122

况下，由于喷入生石灰粉末，不影响吹炼，因而可以进行表1所示的用少量石灰进行吹炼。还可以看出，当铁水用(2)法的石灰系造渣剂进行脱硅、脱磷时，按全部工艺计算，比少量渣吹炼的(1)法可以节约5公斤/吨以上生石灰。

就熔解的 MgO (来自炉体砖)于熔渣中物质平衡情况来说，如按脱硅铁吹炼和普通吹炼进行比较就可以看出，降低铁水 $[Si]$ ，可以减少必要的轻烧白云石(参照图8)而且K—BOP由于熔渣中的 $(T \cdot Fe)$ 低于LD转炉，所以必要的轻烧白云石量少。

另一方面，在转炉中进行铁水脱磷时，K—BOP也同Q—BOP一样，在单耗20公斤/吨的生石灰(0.2~0.3% $[Si]$ 时)，就可以容易地吹炼低P铁($[P] = 0.01\%$)。

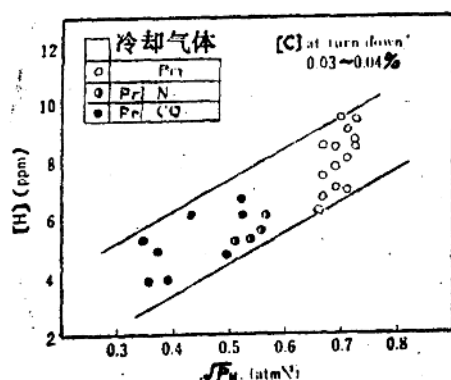


图17. 使用底部吹气时， H_2 的分压力与降低 $[H]$ 之间的关系

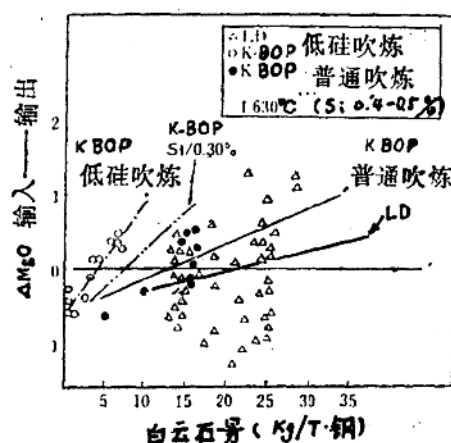


图18. 加入烧过的白云石对 MgO 平衡的影响

4、对顶底吹转炉的评价

表2时LD—KG、K—BOP和LD的操作数据比较。可以看出LD—KG，K—BOP都有

表2、K—BOP和LD—KG在冶炼低碳镇静钢方面优于LD的冶金优点

项 目	LD—KG	K—BOP
钢产量(%)	+0.15	+1.0
风口的 $[Mn\%]$	+0.03	+0.07
石灰+白云石石灰(公斤/吨)	2	5
铝加入量(公斤/吨)	0.05	0.2
气体回收(M大卡/吨)	—	36

适应于熔池搅拌强度不同而产生不同熔池氧化的特征。K—BOP更具有减少脱硫材料和增加废气回收的特征。

K—BOP的耐火材料因底部损耗大于LD，故成本稍有增加。然而，有助于减少底部损耗的各种操作因素已逐渐得到阐明。与K—BOP投产初期比较，已逐渐得到了改善。

采用顶底吹转炉时，从不同的脱磷特性出发，为了有效地发挥功能。一般认为对于主要生产高碳钢的工厂来说，以采用搅拌力小的LD—KG法为宜；而对主要生产低碳钢的工厂来说，则以采用K—BOP法为好。

另外，在顶底吹氧条件相同条件下，通过从顶吹氧管喷入生石灰粉末的实验也阐明了K—BOP底部吹入生石灰粉的有效性。

更进一步讲，欧美各国都在期待并探讨用顶底吹转炉来提高浮渣比的可能性，这方面由于K—BOP炉内的CO气体燃烧容易控制，并且有可能通过增强搅拌力来提高浮渣的密解能力，以及通过喷入生石灰粉末来减少用于控制脱磷的氧化铁加入量，因此浮渣比将有可能比LD增加。

5、结束语

本文阐明了本公司所研究的顶底吹转炉——LD—KG法，K—BOP法的概要及其冶金特性证实了两种方法都取得了预期效果。

即，由于底吹气体加强了熔池搅拌能力的，并随之减少了LD炉经常发生的熔池过氧化现象，提高了铁收得率和出钢时的合金铁收得率。

特别判明了具有底吹生石灰粉末功能的K—BOP，比之其他复合吹炼法富有适应性。

译自《川崎制铁技报》1982年3期

贾晋平 译

牛文红 校

LD—OB法的冶金和吹炼特性

LD—OB方法的脱P反应表现出与顶吹转炉大不相同的特性。

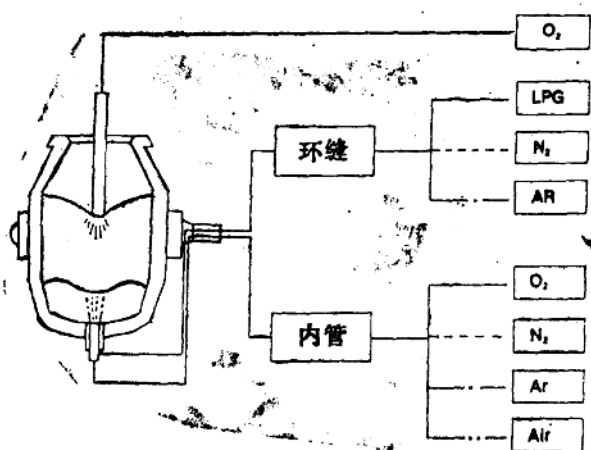
许多年以前，人们就设想将某些底吹气体引入顶吹转炉来改善冶炼特性。在LD转炉发展的后期，经过H·Schenck和J·Sittard等人的研究，于1957年用复合吹炼的名称发表了。可以说，这些研究与现代的复合吹炼是建立在同一理论基础上，正如Brandt指出的那样，复合吹炼中的底吹气体可看作是个理想和熔池搅拌器。

1968年，西德和法国的底吹转炉的发展吸引了许多人去研究熔池的搅拌能力与冶金特性的关系。70年代中期，欧洲和日本对复合吹炼开始了广泛的研究。

1968年，在新日铁进行了一些小规模试验证明在顶吹转炉底部吹入惰性气体，加强熔池搅拌就可以显著地改善其脱P条件，在这个发现的基础上，从1977年底开始，用各种水力模拟试验对底吹和熔池搅拌的改善作了研究。1973年2月，在Yawata钢厂第五炼钢车间的75T LD转炉上开始了试验。通过这些努力使LD—OB、LD—AB方法的发展达到了顶峰。1980年在Yawata钢厂有好几个LD转炉被改造成LD—OB法，就连最新的第三炼钢车间的320T LD转炉也被改造了，这篇报导根据水力模拟和75T LD转炉的试验，导出了估算顶底吹转炉熔池搅拌强度的方程式。描述了底吹气体流速和冶金特性之间的关系，以及由LD—OB大转炉证实的冶金特性。

1、LD—OB的设备和操作条件：

LD转炉能够很容易改造成为LD—OB转炉，只要将它装上底吹设备就行了。图1



表示LD—OB转炉气流管路。炉底的环缝式风口可以通过四种气体：氧气、氮气、氩气和空气，正常吹炼时通过氧气。环缝中可通入三种气体：氮气、氩气以及冷却气体丙烷。

表1给出了一、三炼钢车间的操作条件。其中底吹风口最多的6个，最大的底吹比率(OBR)为20%

LD—OB的正常吹炼具有高抢位和软吹两个特点。

表1 操作条件

铁 水 (X)	第一炼钢车间		第三炼钢车间	
	炉容量	170	320	
	铁水比	84 (%)	85 (%)	
	Si	43~55 ($\times 10^{-2}\%$)	42~68 ($\times 10^{-2}\%$)	
	Mn	43 ($\times 10^{-2}\%$)	54 ($\times 10^{-2}\%$)	
	P	102 ($\times 10^{-2}\%$)	105 ($\times 10^{-2}\%$)	
	温度	1348 ($^{\circ}\text{C}$)	1376 ($^{\circ}\text{C}$)	
	C	2~12 ($\times 10^{-2}\%$)	2~20 ($\times 10^{-2}\%$)	
吹炼终点温度		1600~1750 ($^{\circ}\text{C}$)	1620~1690 ($^{\circ}\text{C}$)	
钢 种		沸腾钢	铝 静 钢	
		封顶 沸 腾 钢	硅 钢	
		半镇静钢	型 钢	
		镇 静 钢	重 板	
		(包括RH处理和连铸)		
底	比率	~20 (%)	~20 (%)	
吹	风口数	最大 6	最大 6	

2、冶金和吹炼特性:

2.1.脱碳反应的特性:

据报导, Q-BOF方法的脱碳反应比起LD转炉具有较高的氧效率, 即使在低碳范

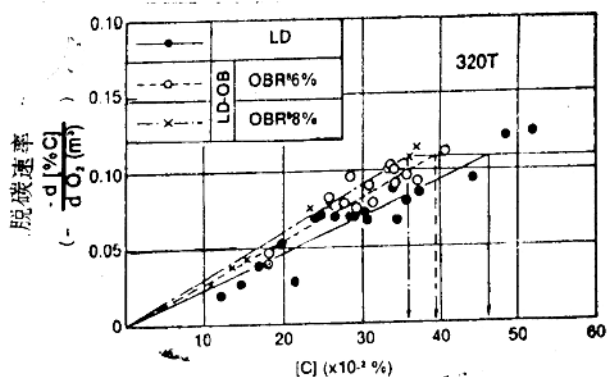


图 2、底吹比率对 C_B 点的影响

国内也是如此。为了估计LD—OB方法的脱碳反应，用付枪分别测出吹炼终点前1'~3'的初始碳含量 $[C_{Li}]$ 和终点碳含量 $[C_{BT}]$ ，并且记下这段时间内的耗氧量 (ΔO_2) ，于是就可以由(1)式获得第三阶段脱碳速度系数 K'' 。

$$K'' = -1 \cdot (C_{BT}/C_{Li}) / \Delta O_2 \quad (1)$$

关系式 $-d[\%C]/dO_2 = K''[\%C]$ 绘制在图2中，其中 C_B 点是由此关系直线和100%的氧用于脱碳时的第二阶段脱碳率直线相交点来确定的。已确认 C_B 点由LD方法的0.47下降到LD—OB方法当OBR为8%时为0.36。

2、2、渣中(T·Fe)

图3表明了320T转炉在底吹比率(OBR)分别为4.2%和10.3%时，终点碳和渣中(T·Fe)之间的关系。当底吹比率(OBR)在4~5%以下及炼 $[C] < 0.04\%$ 的低碳钢时，有过氧化趋势。然而在 $[C] = 0.10 \sim 0.20\%$ 的中碳范围内，却很容易保证渣中(T·Fe)达到脱P要求。这样，用拉碳方法来炼钢就成为可能。如果底吹比率增加到10%左右，则在低C范围内，过氧化情况也会被抑制，但是脱P却变得困难了。因此，应该根据冶炼的钢种来选择底吹比率。

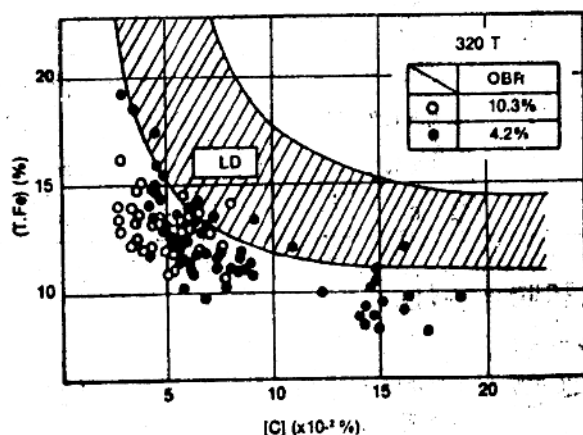


图3、吹炼终点 $[C]$ 和渣中(T·Fe)之间的关系

2.3. 钢液中的氧浓度：

图4表明了钢中碳和氧的浓度在吹炼终点的关系。这里氧浓度的是由浓差定氧探头测出的。钢液中氧的浓度降低于平衡时的浓度。与平衡浓度的偏差随着碳含量的降低而增大。

2.4. 脱磷反应：

脱磷反应在LD—OB中行为与LD有些不同。在脱碳反应激烈进行的时候，钢液中保持较高的磷含量，而在吹炼的最后阶段，脱磷反应则进行得很快，图5表明了底吹比率OBR为4%的情况下，脱磷反应在吹炼的最后阶段的进程。其中的数据是用付枪在吹炼过程和终点测得的。

磷的行为另一个特征是：当加强钢液与渣子的搅拌与混合时，脱磷反应就会增快。