

目 录

I 氧气底吹转炉发展简况	(1)
II 各国氧气底吹转炉炼钢厂概况	(7)
西 德 马克希米利安公司色尔茨巴赫厂	(7)
比利时 蒙塞奥公司	(11)
美 国 美国钢铁公司费尔菲尔德厂	(17)
美国钢铁公司盖里厂	(26)
东 德 翁特韦伦博恩国营马克斯钢铁公司	(31)
法 国 木瓦厄夫勒厂	(37)
隆巴厂	(45)
索拉克厂	(54)
新屋公司	(56)
希埃高炉公司炼钢厂	(57)
瓦朗贤炼钢厂	(60)
其它国家	(62)
III 氧气底吹转炉炉体、炉底、喷嘴及其管路系统的结构综述	(66)
一、氧气底吹转炉炉型和结构	(66)
(一) 炉型	(66)
(二) 炉体结构	(67)
(三) 空心耳轴	(68)
(四) 其他特殊的氧气底吹转炉	(71)
二、炉底结构	(71)
(一) 炉底耐火衬	(72)
(二) 炉底塞与炉身内衬之间的接缝	(72)
(三) 炉底固定于炉身下端的方法	(73)
(四) 炉底喷嘴的布置	(73)
(五) 喷嘴的数目和直径的选择	(75)
(六) 喷嘴安装于炉底的方法	(77)
三、套管式喷嘴的结构和装置	(81)
(一) 套管式喷嘴工作原理	(81)
(二) 喷嘴形式 :	(82)
(三) 喷嘴接头结构	(87)
四、炉底处喷嘴管路的配置	(90)

IV	管路系统及流量、压力调节和控制概述.....	(97)
V	石灰粉喷吹系统概述.....	(101)
VI	烟气除尘和收集系统现状	(103)
VII	结语.....	(106)

I 氧气底吹转炉发展简况

近几年来,氧气底吹转炉炼钢法在国外,尤其是在欧洲一些国家发展很快。据报导,截至1975年5月,已经建成或正在建设的(包括新建和改建)氧气底吹转炉有六十多座,其生产能力估计为三千多万吨。

氧气底吹转炉炼钢法之所以在短短几年内受到了人们的重视并获得迅速推广,是因为此种方法比托马斯法和顶吹法有了一定的改进。

托马斯转炉在很长一段时间内,曾是西欧许多国家的一种基本炼钢法,在世界的其他地区也占有一定的比例。

但随着工业生产和科学技术的发展,这种用空气吹炼的底吹转炉炼钢法越来越适应不了新的要求。这是因为这种钢的氮、磷含量都比当时已经出现的平炉钢高,严重地影响了钢的冷加工性能和焊接性能。其次,空气底吹碱性转炉只适用于吹炼高磷生铁,对使用的原料也有一定的局限性。

为了解决上述问题,炼钢工作者进行了富氧空气底吹炼钢的试验。生产实践表明,空气中富氧度越高,炉底寿命就越短,而且棕色烟尘量大大增加,以致富氧度只能限制在40%以下。然而,即使使用这种富氧空气,也很难把钢中的含氮量降到0.01%以下,这就妨碍了需要量日益增长的高强度结构钢和深拉钢的生产。二十世纪三十年代,德国的林德、弗兰克尔公司发明了制氧机,为工业用氧开辟了新的前景。

当时还没有能够找到解决上述矛盾的切实可行的办法。于是一些炼钢工作者便把注意力转向氧气顶吹转炉的研究发展工作。1947年,瑞士首先开始了这方面的试验,并于1948年3月用3吨转炉炼出了第一炉钢水。接着,在1949年6月,奥地利利用2吨转炉进行试验并获得成功。经过多次反复试验后,终于在1952年和1953年分别在奥地利的林茨和道纳维茨建成了30吨氧气顶吹转炉——即LD转炉——并投入工业性生产。

氧气顶吹转炉炼钢法的出现,是炼钢生产上的一次飞跃。由于氧气顶吹转炉钢的质量基本上和平炉钢相似,而成本却低于平炉钢。在相同的条件下,投资费用只有平炉钢的60~70%。因此,氧气顶吹转炉在这二十余年来,得到了迅速的发展。

但是,氧气顶吹转炉也并不是没有缺点的,首先是用它来冶炼高磷生铁还存在一定的困难。用高磷生铁炼钢,渣量很大,吹炼过程中极易产生喷溅,特别是西欧一些国家的生铁,除含磷高外,含锰也较高(一般为1%左右),这就更增加了操作上的困难。其次是氧气从上部吹入,对熔池的搅动远不如底吹强烈,因此渣-钢不能充分混合,尤其是当熔池金属中的含碳量较低时,其搅拌作用将大为减弱,给进一步去磷带来一定的困难。再次是废钢的用量受到限制,一般不能大于25%。

为了弥补氧气顶吹转炉的一些弱点,多年来,在国外曾试验了另外一些吹氧转炉炼钢方法,主要有:氧气斜吹转炉(即Kaldo转炉);喷吹石灰的氧气顶吹转炉(即LD-AC或OLP转炉);炉身垂直转动的氧气顶吹转炉(简称Rotorvert转炉)等等。而氧气底吹转炉炼钢法是一种新试验成功的冶炼方法。

1965年，加拿大“空气液化公司”为了扩大氧气销路，在该公司的100公斤小型实验炉上进行了氧气底吹炼钢的试验。在试验过程中，采用了一种在吹氧管外侧同时吹入气态或液态保护介质，从而解决了由于喷吹氧气而导致喷嘴严重损坏的问题。1967年12月，西德马克西米利安钢铁公司引进了加拿大的这一专利，在24吨转炉上正式进行了工业规模的试验，并获得了令人满意的结果。这种方法命名为OBM法。1970年，法国克鲁索——罗瓦尔和文代尔——西代尔公司改装的24吨氧气底吹转炉正式投产，称为LWS法。1971年8月，美国钢铁公司引进西德的OBM法，并在此基础上，进一步发展为Q-BOP法。此外，还有东德的QEK法，加拿大的SIP法等。用于冶炼不锈钢的则有瑞典和法国共同开发的CLU法；美国的AOD法等。现分别介绍如下：

(一)OBM 法

OBM系“Oxygen-Boden-Maximilianshütte”的缩写，意即氧气——底吹——马克西米利安冶金公司。这种炼钢方法(图1)是加拿大和西德合作在1967年试验成功的。这种方法用气态碳氢化合物作为冷却介质，采用双层同心套管式喷嘴，将纯氧从中心管内吹入熔池。当碳氢化合物如丙烷、天然气等通过吹氧管和套管间的环孔吹入转炉时，管端碳氢化合物受热裂解吸收大量热量，从而有效地保护了炉底及喷嘴。

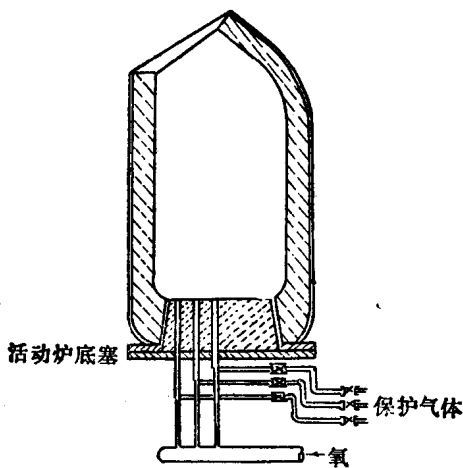


图1 OBM/Q-BOP法转炉结构

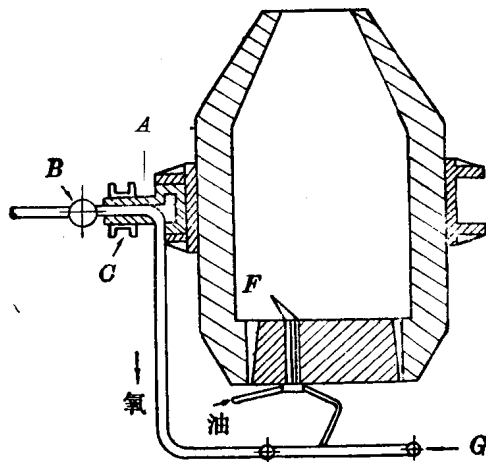


图2 LWS法转炉原理图

A—空心耳轴；B—球形管接头；C—轴承；
F—双层喷枪；G—氧环管

(二)LWS 法

LWS是法国克鲁索——罗瓦尔和文代尔——西代尔公司(Creusot-Loire and Wendel/Sideler Co)以及斯潘克公司(Sprunck & Co)的字头缩写。这种方法最先用水蒸汽和二氧化碳作为喷嘴的冷却剂，以防止喷嘴的烧损。但是这种气体冷却作用对提高炉底寿命作用不大。1970年，法国文代尔——西代尔公司的隆巴钢厂在24吨氧气底吹转炉上，将所用的水蒸汽改为燃料油。与一般人认为燃料油在喷嘴燃烧会产生大量热的情况相反，当燃料油在喷嘴端部喷出时，裂化分解，吸收了大量热量，从而冷却喷嘴，大大地延长了炉底耐火材料的寿命，取得了显著的效果。这种方法的原理见图2。

(三)Q-BOP 法

1971年美国钢铁公司的一个技术代表团访问了西德的马克西米利安冶金公司，对OBM

法发生了极大的兴趣。于是在芝加哥南厂将 30 吨碱性氧气试验转炉改建为氧气底吹转炉。炉底是和炉体分开的，并设有氧气-气体双层喷嘴和一个石灰粉分布装置。同年 8 月 14 日吹炼了第一炉钢水，以后又生产了 253 炉钢水，取得了一定的效果。这一方法被美国钢铁公司命名为 Q-BOP 法，BOP 意为碱性氧气炼钢法，而 Q 则说明 Q-BOP 法具有吹炼时平稳，精炼时快速，产品质量优良等这样一些特点。其结构参照图 1。

(四)QEK 法

QEK 是东德优质和特殊钢厂 (Qualitäts-und Edelstahl-Kombinat) 的字头缩写。是由东德马克斯钢铁厂研制成功的。采用这种炼钢方法的目的是，为了充分利用碱性转炉钢厂现有设备和使用本国资源，以便在改进质量的同时，提高钢的产量。通过使用高压纯氧以及使用优质耐火材料，使生产指标有了很大的改善。据报道，在马克斯钢铁厂将全部碱性转炉改建为 QEK 氧气底吹转炉以后，生产量将提高 150% 左右。QEK 法的喷嘴冷却剂采用液态烃。

(五)SIP 法

SIP 法是加拿大悉尼钢铁公司发展的平炉埋入式吹氧法。用两根吹氧枪自平炉后墙插入，氧枪位于出钢口两侧，喷枪出口浸于钢水液面下 450 毫米(熔池深约 800 毫米)处，埋入深度以不损坏炉底为原则。图 3 为平炉埋入式吹氧法的示意图。据报道，该厂 220 吨平炉经过改造以后，获得吹氧 90 分钟炼制出钢水的良好成绩。炉顶寿命达 300 炉，因而提高了平炉钢产量。可以这样说，SIP 法的出现，给传统的平炉以一种新的生命力。

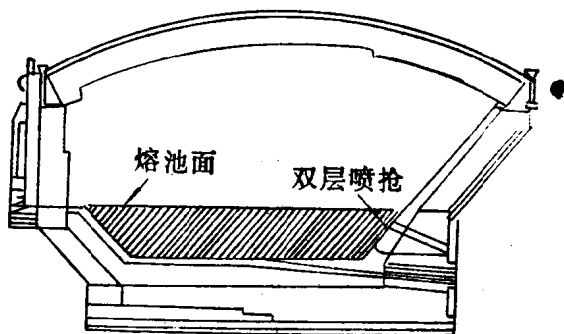


图 3 平炉埋入式吹氧法(SIP 法)

(六)CLU 法

CLU 法是用于生产不锈钢的一种炼钢方法。它是由法国克鲁索-罗瓦尔公司 (Creusot-Loire) 和瑞典乌德霍尔姆公司 (Swedish Uddeholms AB) 联合研制成功的。CLU 即为上述两个公司的字头缩写。瑞典乌德霍尔姆公司的不锈钢产量占世界不锈钢总产量的 8% 左右。

CLU 法的主要特点是在转炉中用氧气-水蒸汽混合气体吹炼铁水，并能使用价格低廉的高碳合金。水蒸汽取代了类似炼钢法中所用的绝大部分氩气。氩气不仅价格昂贵，而且制取困难。氧气-水蒸汽混合气体由转炉炉底喷嘴喷入熔池时，水蒸汽即完全分解为氢气和氧气。除了由于吸热分解反应，从而有效地冷却和保护了喷嘴外，氢气还能使熔池中的一氧化碳分压降低。这可以避免过量的铬被氧化。此外，用水蒸汽还可以获得良好的熔池温度变化情况。第一座这种型式的转炉于 1973 年在瑞典乌德霍尔姆公司的德耶福尔斯工厂 (Degerfors Plant) 建成投产。

(七)AOD 法(氩氧脱碳转炉)

AOD 法适用于冶炼不锈钢，世界上已有 38 座(最大容量为 100 吨) AOD 转炉投入生产。在欧洲有 50% 的不锈钢采用 AOD 法生产。AOD 转炉与氧气转炉完全一样，原理是为了对多量铬的钢水进行脱碳，将氩和氧混合气体从炉底吹入，这样可使钢中的一氧化碳分压降低，而在铬氧化之前将碳烧掉。喷嘴型式与底吹转炉相同，为双层套管式，内管通氧

气,外管通氩、氮等惰性气体作冷却剂。与底吹转炉不同的是,喷嘴从旁边插入而不是从底部插入,因此与侧吹转炉有些相似。AOD法是由美国的联合碳化物公司(Union Carbide)研制成功的,并由琼斯林钢铁厂(Joslyn Steel)于1968年正式开始进行工业性生产。

一、氧气底吹转炉的特点

(一)与托马斯法相比

实践证明,氧气底吹转炉与托马斯转炉相比较,有以下特点:

1. 炉底寿命约为250炉,而一般托马斯转炉为50~70炉,因而这种方法的耐火材料消耗量远较托马斯法为低。
2. 托马斯转炉利用空气鼓风,因此带走大量热量,根据热平衡原理,废钢用量只能达到18%,而氧气底吹转炉由于使用纯氧,所以废钢配比可增至35%左右。
3. 用这种方法冶炼的钢水的含氮量要比托马斯转炉冶炼的低,与平炉、氧气顶吹转炉相仿。
4. 从这种转炉产生的废气含尘量比托马斯法要低,可以减少空气污染。
5. 在精炼期几乎不发生喷溅,粉尘量也较少,因此收得率高。同时,由于很少发生喷溅,炉容也可相应减小,例如西德马克西米利安钢铁公司的托马斯转炉原为24吨,改造后,装料量可达30吨。
6. 脱磷和其他反应与托马斯转炉炼钢方法基本相同。

(二)与氧气顶吹转炉相比

1. 由于该炉是从炉底吹入氧气,不需要象氧气顶吹转炉车间那样需建设高大的厂房,因而建设投资可节省10~20%。特别是可以利用原有的平炉车间改建,投资比改建为氧气顶吹转炉车间节省一半左右。
2. 氧气底吹转炉由于收得率高,石灰消耗低,钢包、炉衬寿命长,氧气消耗少,残余锰高,操作费用相对下降。据美国钢铁公司盖里钢厂估算,其可比费用与氧气顶吹转炉相比,每吨钢约可节省1.0美元。
3. 生产率比顶吹转炉高,在相同条件下,吹炼时间比LD法短,为12~14分钟。
4. 吹炼过程平稳,吹损大大减少,渣中FeO低(氧气底吹法渣中FeO一般为12~14%,而顶吹为18~20%以上),所以金属收得率高,可达91~93%,而LD法一般为90%左右。
5. 吹炼过程平稳,还有利于提高供氧强度,扩大装炉量,顶吹转炉炉容比为0.8~1.0米³/吨,而底吹转炉为0.6米³/吨。
6. 顶吹转炉采用水冷方式,消耗反应热量,而底吹则没有这部分热量消耗,因此,采用底吹法可比顶吹法多吃废钢20%左右。
7. 氧气底吹不象顶吹那样,会产生表面局部高温区,所以铁的蒸发损失少,烟尘量只有顶吹法的二分之一到三分之一。
8. 氧气顶吹转炉中含碳量降低时,钢水的搅拌变弱,而采用底吹法时,钢水的搅拌可以一直持续到最后,这对脱氮,特别是脱硫是很有利的。
9. 在终点含碳量合乎要求时,可以使石灰粉随氧气流同时吹入熔池来进行造渣脱磷,

而顶吹转炉则不能做到这一点。

10. 底吹转炉可以冶炼沸腾钢、半镇静钢等钢种。其产品包括冷、热轧钢材, 镀锡钢板, 结构钢材, 厚板, 钢轨, 硅钢板等。用底吹法吹炼的各种钢材质量与顶吹钢或平炉钢基本相仿, 在某些产品中, 甚至还比顶吹钢或平炉钢更好些。

(三) 存在问题

虽然氧气底吹转炉与托马斯转炉、氧气顶吹转炉相比, 有许多优点, 但还存在着一定问题, 需在今后实践中逐步加以解决。

1. 喷嘴和炉底寿命是氧气底吹转炉的关键问题之一, 目前, 炉底寿命一般在 250 炉左

国外氧气底吹转炉炼钢能力

1975 年 5 月

公 司 名 称	投 产 日 期	转 炉 座 数 × 吨 位	年 产 量 (万 吨)	方 法
比利时				
哥克鲁格里公司	1971	2×40	44	OBM
蒂-马西内尔蒙塞奥公司	1971	4×40	88	OBM
蒂-马西内尔马西内尔厂	1976	3×150	300	OBM
法 国				
哥克鲁格里公司	1973	2×30	33	OBM
新屋钢铁公司	1969	4×35	60	OBM
希埃高炉炼铁公司	1973	2×25	40	LWS
法国东北部钢铁联盟	1970	2×45	40	OBM
文代尔-西代尔瓦朗贤厂	1970	3×80	90	OBM
文代尔-西代尔阿贡当日厂	1973	2×50	60	LWS
文代尔-西代尔隆巴厂	1971	1×35	30	LWS
西 德				
马克西米利安钢铁公司	1967	6×35	110	OBM
	1976~1977	3×60	150	OBM
罗希林钢铁公司	1969	2×45	55	OBM
卢卑克钢铁公司	1970	1×5	4	OBM
施图姆兄弟诺图基尔希钢铁公司	1977	4×40	140	OBM
卢 森 堡				
罗丹格矿冶公司	1970	4×30	66	OBM
南 非				
南非钢铁公司	1971	1×40	30	OBM
瑞 典				
苏拉哈马尔公司	1974	1×35	25	OBM
斯多拉·考柏堡公司	1974	1×35	30	OBM
美 国				
美国钢铁公司盖里厂	1973	3×200	550	Q-BOP
美国钢铁公司弗尔菲尔德厂	1974	2×200	350	Q-BOP
美国钢铁公司南芝加哥厂	1971	1×30	30	Q-BOP
共和钢铁公司	1976	2×200	220	Q-BOP
日 本				
川崎钢铁公司	1976	2×235	310	Q-BOP
意 大 利				
意大利钢铁公司	1977	2×250	230	Q-BOP
东 德				
马克斯钢铁公司	1969	1×20	20	QEK

右, 低于顶吹, 仅为顶吹的二分之一到三分之一, 因此, 在一个炉役中要更换 1~3 次炉底, 影响作业率。不过法国由于采用 C/H 比高的液态碳氢化合物作为冷却剂, 冷却效果好, 使 LWS 法炉底寿命提高到 400~500 炉, 最高达 640 炉。同时, 更换炉底的技术也有了改进, 最快的仅 4 个小时, 因此提高作业率的潜力是很大的。

2. 炉底问题, 因有多种气体(如氧、丙烷、氮等)必须通过炉底喷入熔池, 因而结构比较复杂, 给维修工作带来了一定困难。

3. 倾炉时, 炉口偏离上部集尘罩, 为了防止钢水和钢渣堵塞喷嘴, 仍需继续喷吹低压氮气, 此时产生的烟尘将会从集尘罩逸出, 因此需装设特殊辅助围壁以收集二次烟尘。

4. 炉底外部管道系统复杂, 维修任务重。

5. 由于冷却剂碳氢化合物的裂解, 部分氢可能被钢水吸收。因此, 控制钢水中的氢含量, 使之达到要求范围, 是个重要问题。现一般采用一种惰性气体(如氩气)作后期 1~2 分钟短暂喷吹, 以减少氢的含量。

6. 由于石灰粉随氧气流一起喷入, 因此, 可能使管道受到磨损, 但由于氧气管道衬有耐磨材料, 这个问题影响不大。

7. 因为喷嘴位置关系, 炉子只能朝一个方向转动, 在每炉开始和结束时, 要堵塞和打开出钢口, 这样不可避免地要延长冶炼时间和增加出钢口维修工作量。

二、今后展望

氧气底吹炼钢法, 具有比其他炼钢法较多的优点, 新建一个氧气底吹转炉车间比顶吹的投资要少得多。将原有的平炉车间改建为底吹转炉比改建为顶吹转炉设备投资可节省约 50%。因此氧气底吹法在近几年来有很大的发展, 从 1970 年的年产 300 万吨的能力达到目前的 1800 多万吨, 还有 1300 多万吨的能力正在计划兴建之中。据估计 1980 年氧气底吹炼钢的年产量可达到 4 亿吨左右, 将占世界钢的总产量的 40%。因此, 可以说氧气底吹炼钢技术在今后 20 年内, 将如同过去 20 年氧气顶吹一样, 对钢铁工业的发展产生深远的影响。

II 各国概况

西 德

马克希米利安冶金公司

一、概述

马克希米利安冶金公司是 OBM 法的发明者。该公司现有 30 吨氧气底吹转炉六座，并打算今后将其改建成三座 60 吨的炉子。

马克希米利安冶金公司的色尔茨巴赫厂，原为托马斯转炉厂，1961 年该厂将一座托马斯转炉改造为 LD-AC 转炉，此转炉进行了四年工业性生产。铁水的成分为 3.5% C, 0.5% Si, 1.1% Mn, 1.7% P, 由于铁水中锰、硅含量高，在顶吹转炉中吹炼时，有时导致强烈的喷溅，存在很多困难。因此开始了从转炉炉底吹入氧气的试验。

初步试验中，将压力约为 40 个大气压的氧气通过三至四个喷嘴导入一座 25 吨转炉的炉底。试验的出发点是，当氧气密度高达接近液态密度的二十分之一时，可以由氧气自身实现喷嘴的有效冷却，从而喷嘴材料不致被侵蚀。

这一方法虽然在预备试验中显得很有希望，但是并未成功。后来与加拿大空气液化公司合作采用了一种用烃气幕保护氧气流的方法。加拿大空气液化公司曾于数年前在此方向试验抑制氧气熔炼时的褐色烟气。通过这一途径的研究，在较短时间后就找到了一种适于工业生产的方法。在成功的工业性生产初步试验不到半年之后就决定建造设备，将整个托马斯转炉厂改用新法，将平炉停产。同时，决定建两套新连铸机，两个新棒材轧钢车间，将三个过时的板轧厂和两个棒材轧钢厂停产。

马克希米利安冶金公司用新法生产比顶吹氧气法优越之处，可以通过与 LD-AC 转炉操作结果的比较表示之。改造成 LD-AC 法时，吹炼时间延长至 25 分钟。收得率为 85%。收得率降低是吹炼时的喷溅引起的。耐火炉衬的寿命达到约 100 炉，这是因为转炉容积有限，只能用 35 厘米厚的耐火衬。改造用 OBM 法后，在新砌炉衬炉容 17 米³时，装料容量由 22 吨上升至 30 吨，吹炼时间达到 12 分钟，完全无喷溅，收得率为 90%，炉衬寿命达 450 炉。原托马斯转炉厂的炼钢产量由 55,000 吨/月上升至 80,000 吨/月。

二、工艺说明

OBM 法是用装有同心管喷嘴的底吹转炉来冶炼生铁的。氧气和石灰粉经内管吹入熔池，外管通入保护气体，喷嘴被保护气体冷却，并缓和了氧气与熔池的激烈反应，保护了喷嘴本身并使炉底免受在氧气作用下生成渣的侵蚀(见图 4)。

在氧气作用下生成的氧化铁，在高温下与石灰粉结合，形成一种化合力很强的渣，并以非常细微的悬浮状态缓慢上升到熔池表面。因而在精炼的最初期，就很快开始了脱磷。由于反应表面积大，由炉底连续供应新渣，以及渣微粒的缓慢上升，熔池脱硫和脱磷的速度是如此之高，以至脱磷实际上和脱碳一样早。

提前脱磷可以在宽的范围内,由适当调节石灰粒度来控制。例如采用最大颗粒为1毫米的石灰粉时,冶金过程与托马斯法十分相似。就是说很少的磷在脱碳的过程中被脱除,

只有在熔池的全部碳被脱除后,磷才开始由铁中分离出来。而当采用最大颗粒为0.1毫米的石灰粉时,发现脱磷甚至比脱碳还快,熔池碳含量为0.5%时,磷含量降至大约0.03%。另外,如果希望除去高磷渣,用二次渣继续冶炼,则可以得到极底的含磷量。

必要时,石灰粉可以通过所有喷嘴吹入炉内。如果在精炼后期发现喷嘴出口的周围堆起渣的沉积物,就必须吹入10~20%氧和80~90%氮的混合气体,直至冶炼结束。最后,精炼过程中还可以用其他固体悬浮物,例如,矿石、萤石、氢氧化钠或矾土。需要的话,这些固体物还可以混以石灰粉来控制精炼过程。

为了获得喷溅少而平静的精炼过程,采用以下的操作参数:氧压6~10公斤/厘米²(表压),氧气中的石灰粉含量为1~2公斤/标米³。输送反应剂的管子内径不能大于熔池深度的1/35。带石灰粉的氧气流速比不带石灰粉的约小30%。例如,喷吹压力为8公斤/厘米²(表压),喷嘴每厘米²面积氧流量为200标米³/小时。

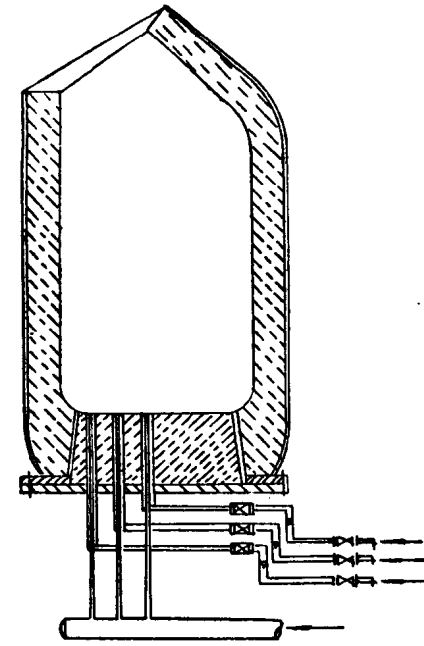


图4 一个氧气底吹转炼的纵向剖面图

当氧气带石灰粉时,其流速大约为130标米³/小时。例如,30吨炉子熔池深度为0.7米,每吨钢耗氧量为60标米³,吹炼周期最长为20分钟。因此,氧的流量为5,400标米³/小时。在这基础上,所需的全部喷嘴截面积约为 $5,400/130=42$ 厘米²。熔池深为0.7米,喷嘴最大允许直径为2厘米。于是所需的喷嘴数为 $42/3.14=14$ 个。

喷嘴的布置十分重要,必须在确定喷嘴布置时,使钢液能产生定向旋转运动,从而尽可能充分利用小量气体的搅拌能量。

三、高磷生铁的冶炼

马克希米里安公司是将全部石灰粉与氧气一起喷入的,这种方法有如下优点,即在约10分钟的最短吹炼时间以及铁水化学成分极为不利的条件下,也可以完全控制吹炼性能。

如图5所示,碳、磷、硅、锰元素的氧化与托马斯法基本相同。在现有条件下没有应用预脱磷的特殊操作法,下面将在炼钢生铁吹炼部分中提到这一操作法。

钢水中含磷量与渣中氧化铁含量间的关系与钢水温度作为参数列于图6。图中还列出在渣的平均化学成分和1600°C钢水温度时的平衡值。如图所示,吹炼终点时渣和熔池接近平衡。在要求钢液含磷低的炉次采用双渣操作。采用这种操作法时,当钢水中含磷量约为0.080%,含碳量约为0.04%时,将转炉倾倒,出渣,然后再以有高浓度石灰粉的氧气补吹1分钟之久。在出钢温度1620°C左右的炉次,一般二次渣很粘稠,可以毫无困难地留在转炉中。此法达到的终点含磷量见图7。但这里要指出,这种钢水的大部分是在1680°C出钢,送去连铸。

脱硫效果见图8。图中可看出,铁水的初始含硫量高达0.060%左右,而熔池中的终点含硫量为0.030%左右。

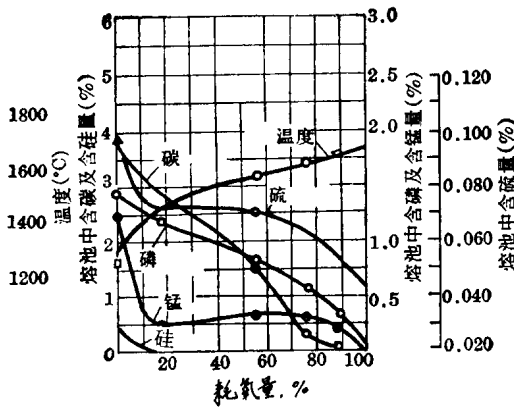


图5 在30吨氧气底吹转炉中用高磷生铁炼钢时的烧损曲线

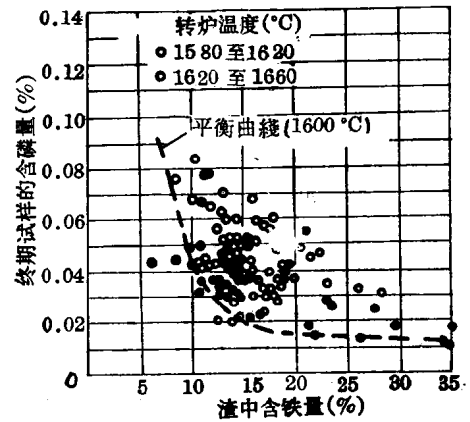


图6 在30吨氧气底吹转炉中吹炼时不同转炉温度对转炉钢样含磷量与渣中含铁量的关系

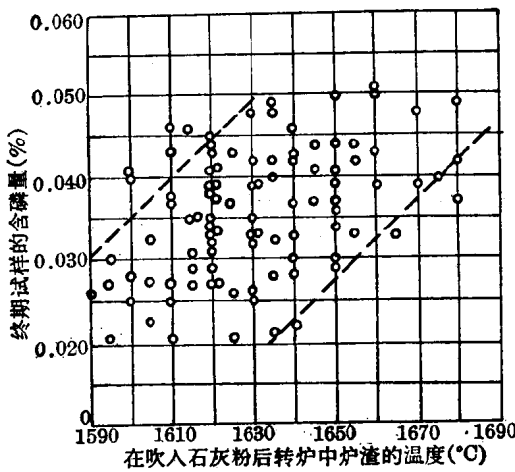


图7 在30吨氧气底吹转炉中用高磷生铁炼钢时转炉终期试样的含磷量与熔池温度的关系

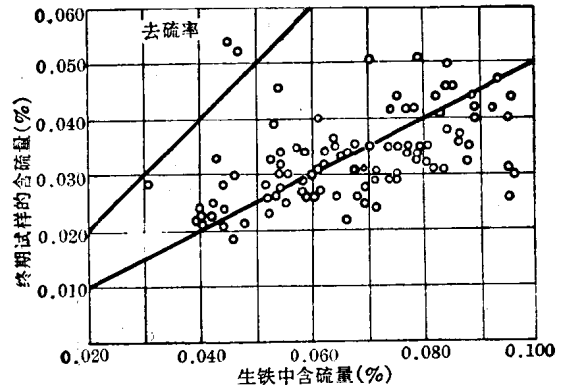


图8 在30吨氧气底吹转炉中用高磷生铁炼钢时生铁含硫量与转炉终期试样含硫量的关系

吹炼高磷生铁时，脱磷期仅产生少量气态反应产物。因此，作为保护气体烃气中的氢大部分被熔池吸收。如图9所示，吹炼终点时转炉中的含氢量约达8ppm。对于某些钢种说来这个含氢量过高，必须用一种惰性气体短时间吹后减小含氢量。图9示出，以吹气量3米³氮气/吨钢获得的终点含氢量为2ppm。这种方法可以生产出不须控制冷却的高强度钢轨。对于铝镇静钢种说来，一般没有降低含氢量的必要。较高的含氢量甚至有利于沸腾钢种的沸腾性能。有趣的是，以8ppm的含氢量成功地生产出作为氢半镇静钢的锰硅镇静钢(含硅0.3%)。也就是说，

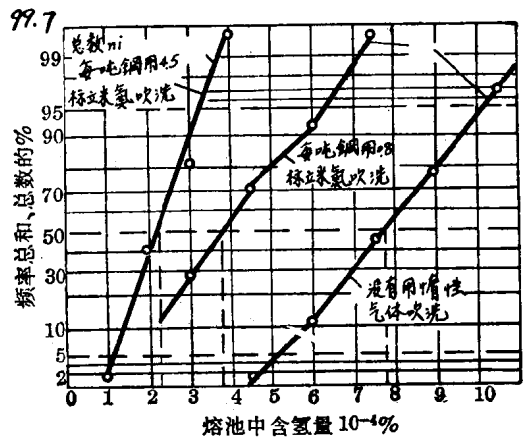


图9 用不同量氮气吹洗前后的熔池含氢量的频率总和

用氢获得一种半镇静钢的组织,其中可能由于氢的扩散速度大,在表面以下比一般半镇静钢种较大的距离才开始产生边缘气泡。

在脱氢的同时,通过吹气处理时碳与溶于熔池中的氧发生反应降低含碳量。达到的平均含碳量约为 0.010%。

设置于炉底的喷嘴也可用作烧嘴,这对于此工艺的工业应用很重要。比如,转炉在新砌炉衬后或在停炉期间可用喷嘴烘烤。用同样方法预热废钢也有很重要的经济意义。当出钢温度为 1620°C,在一定操作条件下,废钢用量为 280 公斤/吨钢。预热废钢时,废钢量可增加到 400 公斤/吨钢。平均每增加 1% 的废钢,须预热 1 分钟。上述 400 公斤废钢就需 12 分钟预热时间。

与任何炼钢法一样,OBM 法的炉衬寿命对其经济性很重要。侵蚀层厚平均 35 厘米,平均出钢温度 1660°C 时,寿命为 450 炉。炉衬为白云石砖、镁砖各半。在一个厂里,完全用白云石砌 50 厘米厚的侵蚀层,平均寿命达 800 炉。该厂平均出钢温度为 1620°C。

四、低磷生铁的吹炼

根据吹炼高磷生铁取得的有利结果,预期吹炼低磷生铁时能取得类似的良好结果。全部吹炼期 90% 的时间中,渣中的氧化铁含量仅约 5% (图 10)。渣中氧化铁含量在吹炼终点也比较低,约为 17%。尽管氧化铁含量低,渣与熔池的相平衡通过强化熔池运动,脱磷良好。在铁水初始含磷 0.2% 时,钢水平均含磷 0.006% (图 11)。为了提前脱磷,必须采取特别措施。以一定方式将氧气和石灰粉一起喷入,也可在拉碳时有效地脱磷。铁水初始含磷量 0.2% 时,采用这种措施后,成品钢达到的含碳量 0.7%,含磷量 0.02%。此时相应的出钢温度为 1620°C。

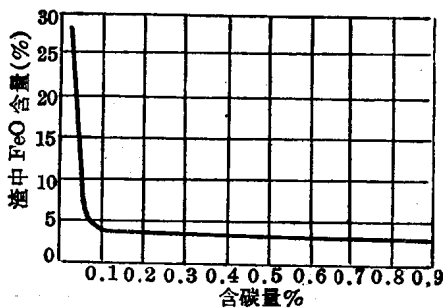


图 10 氧气底吹转炉倾炉时氧化铁含量与碳含量的关系

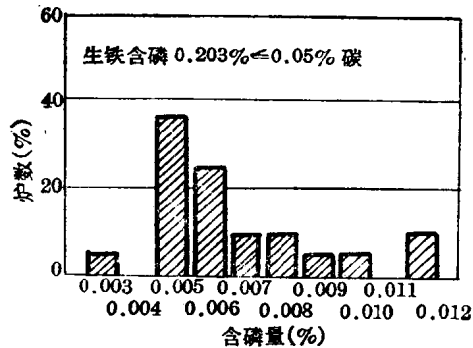


图 11 氧气底吹转炉 0.05% 含碳量以下的各钢种中含磷量百分数的分布

OBM 法的脱硫大致示于图 12。铁水初始含硫 0.040% 时,钢的含硫量达 0.02%。

吹炼终点转炉取样钢的含氮量列于图 13 中。50% 左右试样的含氮量低于 15 ppm。在有利条件下,比如铁水含氮量低,以及加矿石充分冷却时,有把握使含氮量达 10 ppm。

吹炼低磷生铁时,不存在吹炼高磷生铁时的氢的问题。整个吹炼期产生的一氧化碳将大部分氢去除了。无论是拉碳炉次还是要求终碳低的炉次,含氢量约为 3 ppm,这对于钢的生产毫无问题(图 14)。必要时还可以用吹气处理法大大降低含氢量。吹气量为 2 标米³惰性气体/吨钢时,1 分钟内可使含氢量降到 1 ppm。

氧气底吹转炉吹炼终点的含碳量比顶吹时低。当渣中氧化铁含量为 17% 时,终碳含量为 0.03~0.04%。用惰性气体按 2 米³/吨钢的量吹气处理 1 分钟,则含碳量降至 0.01%。

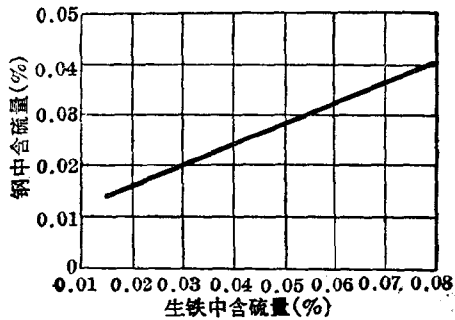


图 12 在氧气底吹转炉中所达到的去硫率

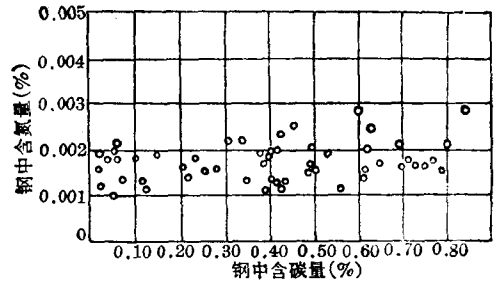


图 13 在氧气底吹转炉倾炉时钢中含氮量与钢中含碳量的关系

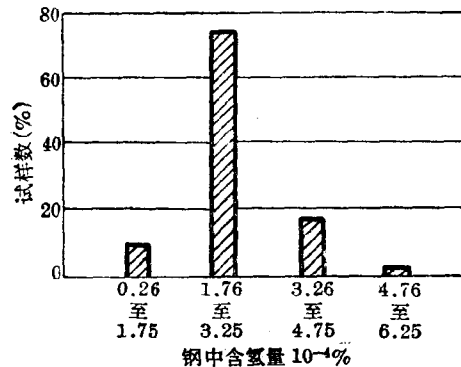


图 14 氧气底吹转炉铸样中的含氢量

这对于生产一定的钢种(比如电工钢板)很重要。由于对少珠光体或无珠光体结构钢引起越来越广泛的兴趣,对转炉冶炼 0.01% C 钢也引起重视,因为可以大量加入廉价的含碳锰铁。在调整至所需的含锰量后,钢水含碳不超过 0.04~0.05%。

比 利 时

蒙 塞 奥 公 司

一、概述

比利时国立冶金研究中心(C. R. M.)于 1968 年开始用一座 200 公斤的试验性氧气底吹转炉进行试验,其炉底装有套管式风嘴。试验取得了成功,于是蒙塞奥锻造公司将一座托马斯转炉改装为 21 吨的试验性氧气底吹转炉。这种装置与西德马克希米里安冶金公司的 OBM 炉相似。1972 年,蒙塞奥公司将所有的托马斯转炉改装为氧气底吹转炉。该公司现有 35 吨氧气底吹转炉四座,年钢产量为 66 万吨,据说,正在兴建三座 150 吨的,预计到 1976 年总钢产量达 360 万吨。

二、21 吨试验性底吹转炉试验

(一)工艺情况

在 1968 年,蒙塞奥公司托马斯炼钢车间有四座 21 吨的转炉和一座 17 吨转炉;试验是

在 17 吨转炉上进行的, 并将容量改为 21 吨。

由蒙塞奥公司, 比利时冶金研究中心和有关钢厂设计和制造了如下主要部件:

- (1) 结构适用的底吹喷嘴;
- (2) 选择喷嘴数目;
- (3) 选择保护介质(已采用天然气和丙烷);
- (4) 各喷嘴上氧气和保护介质的分配和各喷嘴与氧气干管和碳氢化合物干管之间的管路设计;
- (5) 调节各种流体(氧气、保护介质和吹洗用氮)的压力和流量用的装置;
- (6) 保证转炉安全, 可靠地操作所需的设备。

(二) 操作结果

1. 炉底侵蚀情况 从开始试验时起, 就发现由于采用双层套管式喷嘴, 炉底寿命比托

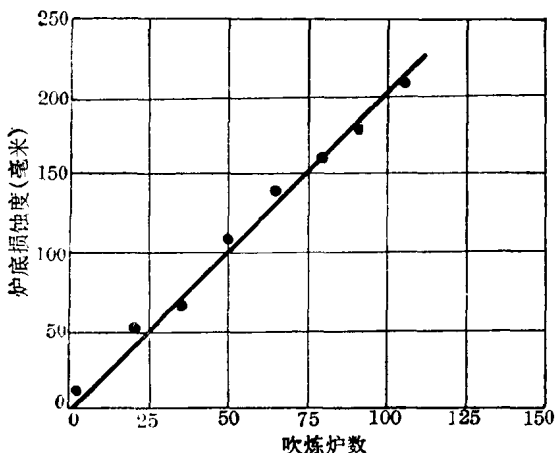


图 15 一个炉役期间炉底侵蚀程度与吹炼炉数的关系

马斯转炉的高得多。在这座 21 吨氧气底吹转炉上, 约每隔 10 炉测量炉底侵蚀程度一次; 图 15 示出炉底侵蚀程度与吹炼炉数的关系; 该图表明, 白云石炉底侵蚀速度每炉 2~2.5 毫米。这就是说, 当新炉炉底厚度为 1000 毫米时, 约可吹炼 400 炉, 相当于转炉炉壁白云石内衬的寿命。整个炉底的侵蚀十分均匀。

2. 喷溅、红烟、结瘤 虽然炉容量由 17 吨增大到 21 吨, 但在吹炼高磷铁水时, 喷溅程度比托马斯转炉小得多; 由于吹炼时熔池较平稳, 减小了喷溅程度, 有助于提高金属收得率。

一般托马斯转炉和氧气底吹转炉的熔池深度相同时, 两种炼钢法的红烟气量大致相等。但是蒙塞奥公司按氧气底吹法操作时, 炉子装料量比原来托马斯转炉的增大了, 观察到红烟气量却有所下降。

氧气底吹转炉一般不存在结瘤问题, 当炉容比很小时 (< 0.5 米³/吨钢), 形成的少量结瘤要每隔 20 炉左右清除一次。

3. 吹炼时间 无论采用低磷铁水还是采用高磷铁水时, 吹炼时间大致都为 14 分钟; 吹氧强度在 3~4 标米³/分吨钢之间。

为了保持这样的吹炼时间, 新砌内衬时的炉容比应不小于 0.6 米³/吨钢。

4. 最终成分和温度的调节 氧气底吹法的优点之一是在出钢前利用套管式喷嘴调整炉内钢液的终点温度和化学成分。

在短时(少于 1 分钟)补吹过程中, 采用以下措施就可达到各种冶金效果: (1) 改变搅拌气体(氮、空气、富氧空气或氧)的组成; (2) 最终加入少量的造渣剂或合金剂; (3) 最终加入冷却剂或加热剂。

(三) 吹炼高磷铁水的冶金结果

1. 金属炉料

所用的铁水成分如下:

C=3.6%, P=1.6%,
Mn=0.45%, S=0.054%,
Si=0.3%, T=1216°C.

金属炉料配量:

铁水: 840 公斤/吨钢;
废钢: 250 公斤/吨钢。

2. 收得率 与托马斯转炉炼钢法相比, 氧气底吹法的铁收得率和金属收得率都提高约 1.5~2%。铁收得率为 96%, 金属收得率 92%。

3. 钢的化学成分

(1) 图 16 表明采用氧气底吹法时, 对所有各种不同的含铁量来说, 渣和金属均处于平衡。例如, 当渣中 Fe=11% 时, 含磷量平均为 0.030%; 而当渣中含铁量为 14% 时, 平均含磷量为 0.020%。当吹炼高磷铁水时, 这个结果是特别有利的。

(2) 与托马斯转炉炼钢法相比, 氧气底吹法可降低钢的含硫量 0.005~0.01%。

下面的例子列出吹炼高磷铁水时测得的脱硫量:

铁水的含硫量: 0.040%;
废钢的含硫量: 0.050%;
钢中的含硫量: 0.019%。

(3) 钢的含氮量取决于喷嘴所采用的保护介质和冶炼操作情况;

荷兰的天然气的含氮量约含 14% 氮; 与采用丙烷作保护介质时相比, 测得钢中含氮量增大 0.0025%。

和其他炼钢法一样, 用热当量相等的矿石来代替一部分废钢使停吹倾炉时的钢液含氮量降低。

下表归纳所得结果:

保护介质	熔池冷却剂	含氮量 (10 ⁻⁴ %)	
		出钢时	浇铸时
丙烷	废钢+50 公斤矿石/吨钢	15	21
丙烷	100% 废钢	25	29
天然气	废钢+50 公斤矿石/吨钢	38	43
天然气	100% 废钢	50	56

因此, 可按所要生产的钢种来决定选用哪一种保护介质。例如, 吹炼深冲钢时, 需用丙烷、燃料油或不含氮的天然气, 可是在吹炼结构钢时, 就可选用荷兰天然气。

(四) 吹炼低磷铁水的冶金结果

1. 造渣 在开始试吹炼低磷铁水时, 碰到了造渣方面的困难。

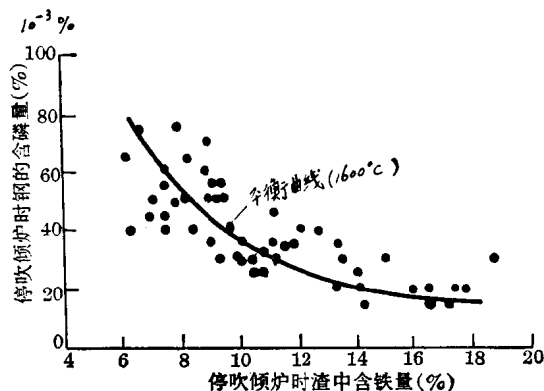


图 16 停吹倾炉时, 钢液含磷量与渣中含铁量之关系

由于采用来源不同的铁水，其成分变化如下：3.60~4.50% C；0.45~1.00% Mn；0.20~1.50% Si；0.09~0.38% P；0.02~0.08% S。

对于上列的所有各种成分的铁水来说，当仅加块状石灰进行吹炼时，均产生喷溅问题，增加萤石加入量也无济于事。

在改变石灰加入方法后，吹炼过程就完全平稳了。

2. 金属炉料等的消耗量 除了铁水成分波动之外，废钢比率变化范围也大；平均炉料加入量如下：铁水 830 公斤/吨钢；废钢 260 公斤/吨钢；石灰 61 公斤/吨钢。

收得率与吹炼高磷铁水时一样。

3. 冶金结果 至于钢的成分，蒙塞奥公司 21 吨氧气底吹转炉的试验结果可归纳如下：当铁水平均含磷量为 0.22% 时，钢锭中平均含磷量为 0.012%。

图 17 统计了停吹倾炉时钢中含氮量频率。平均含氮量为 0.0014%；可认为是良好的。

图 18 示出钢中含硫量与铁水含硫量的关系。与氧气顶吹转炉相比，氧气底吹法改善了含硫量，这大概是由于气态脱硫较好之故。

图 19 示出氧气底吹法吹炼低磷铁水在停吹倾炉时的碳-氧关系。

在达到规定的出钢温度后，最后短时间吹氮搅拌可使钢包内的钢液含氢量在 3.0~3.7 厘米³/100 克范围内。

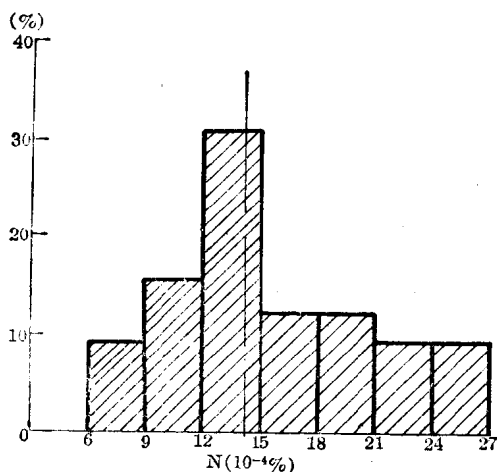


图 17 停吹倾炉时含氮量(吹炼低磷铁水)

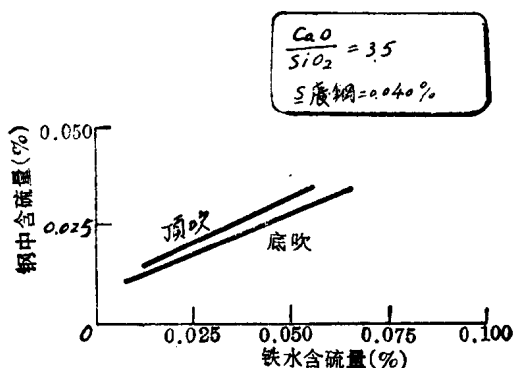


图 18 钢中含硫量与铁水含硫量的关系
(吹炼低磷铁水)

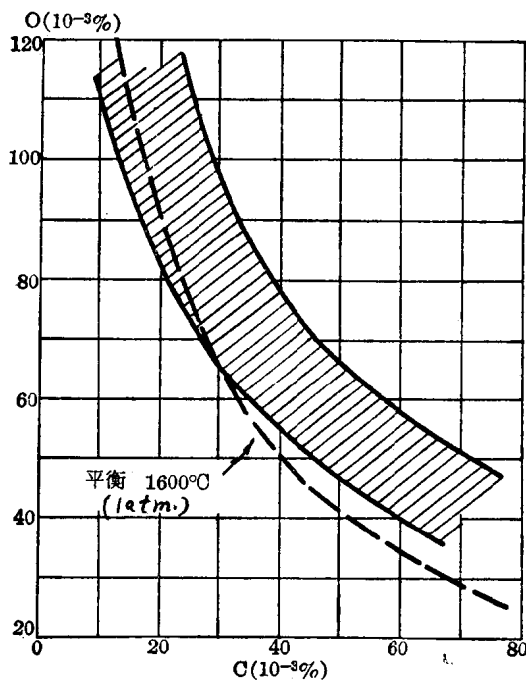


图 19 停吹倾炉时碳-氧关系图
(吹炼低磷铁水)

(五) 钢的质量

无论是采用低磷铁水还是采用高磷铁水，到目前为止所作的各次试验都证明氧气底吹转炉钢的质量是良好的。

三、氧气底吹转炉钢厂的投产

(一) 托马斯转炉钢厂的改建

因为 21 吨试验性氧气底吹转炉上取得了良好的试验结果, 该公司决定在 1971 年下半年将整个托马斯转炉钢厂改建为氧气底吹转炉炼钢厂。

为了利用原有炉体, 在不改变外形尺寸的条件下, 将容量提高到 30 吨或 35 吨, 要对原有的设施进行改建:

延长铁水吊车轨道;

安装一台新的铁水吊车;

订购一台新的浇铸车和一些容量为 35 吨的新钢包;

制造供调节各种气体和液体的压力和流量用的装置;

设计和制造供计算炉料用的模拟计算机。

大约经过 8 个月后, 各项改建工程竣工; 第一座工业性氧气底吹转炉于 1972 年 3 月 21 日投产, 最后的第四座于 1972 年 5 月投产。

(二) 生产情况

图 20 示出该厂改建后采用氧气底吹法使产量不断增长的情况。在 1972 年 6 月, 钢产量就从原来托马斯转炉时的 700 吨/班(2100 吨/日) 增到 770 吨/班; 于同年 9 月, 已达到 815 吨/班。将装料增加到 35 吨/炉时, 平均达到 905 吨/班。比托马斯转炉提高了生产率 30%。

在解决了薄弱环节后, 就使该厂平均日产增加到 3,200 或 3,400 吨。

(三) 工艺

转炉炉底装有几个喷嘴, 其内衬平均寿命为 350 吨。

一般在一个炉役内仅用一个炉底。炉壁内衬由平均厚度 600 毫米的自制白云石砖砌成。白云石总耗量(包括炉壁和炉底)约为 5 公斤/吨。吹炼高磷铁水时, 这样的消耗量是令人满意的。

该厂打算改用 450 毫米厚的镁砖砌炉壁, 可增大炉子的容量, 现容积比已下降到 0.5 米³/吨钢以下。一般认为容积比 0.6 米³/吨钢比较合适。

(四) 冶金结果

冶金结果已在上一节中叙述过了, 这里只作某些补充。

图 21 示出在停吹倾炉时和短时间补吹后金属熔池含磷量与渣的含铁量关系。

对某些炉次比较了与渣平衡时的计算含磷量 P_c 和实际含磷量 P_a , 图 22 绘出了比值 $E = P_a/P_c$ 与渣中含铁量的关系。平均起来, 渣和金属是平衡的。与氧气顶吹法相比(此法不能达到平衡, $E = 1.5$ 左右), 底吹法渣中的含铁量较低, 达到了 P_c 含量的要求, 有利于降低每吨钢的成本。

图 23 示出出钢前含磷量与熔池温度升高的情况。

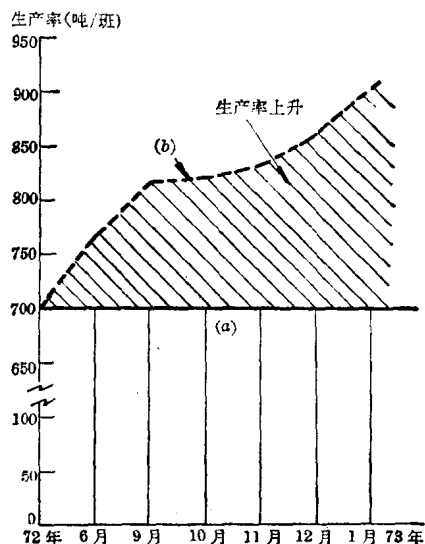


图 20 钢产量(吨/班)增加情况

a—1972 年 3 月以前采用托马斯转炉生产;
b—采用氧气底吹转炉生产。